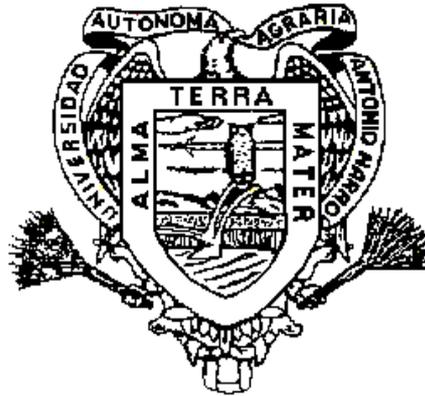


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Evaluación de a transpiración a través de un sistema abierto en arboles
de durazno (Prunus Pérsica L.)**

**POR:
JOSE MANUEL ALVAREZ SALOMON**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.
FEBRERO DEL 2009**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de la transpiración a través de un sistema abierto en arboles de durazno (prunus pérsica L.)

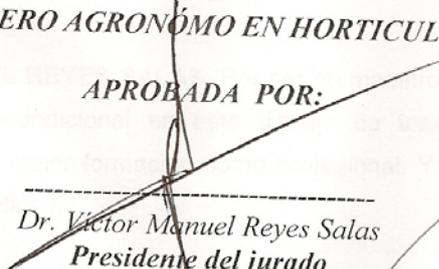
TESIS
Presentada por:

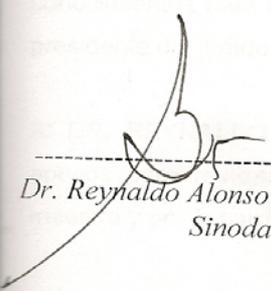
JOSE MANUEL ALVAREZ SALOMON

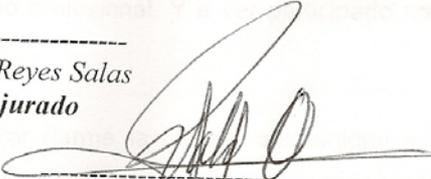
QUE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

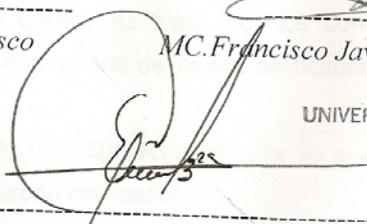
APROBADA POR:


Dr. Victor Manuel Reyes Salas
Presidente del jurado


Dr. Reynaldo Alonso Velasco
Sinodal


MC. Francisco Javier Valdez Oyervides
sinodal

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO
FEBRERO DEL 2009

División de Agronomía
Coordinación,

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por haberme permitido terminar una etapa más de mi vida como estudiante, por haberme permitido vivir hasta este momento y concederme el deseo de lograr mi objetivo

A MI ALMA TERRA MATER: por la oportunidad que me brindo de formar parte de ella, por aceptarme en el seno de sus instalaciones y de permitir realizar mis estudios y de todo el apoyo brindado a lo largo de mi carrera.

Con respeto y un profundo agradecimiento al grupo de asesores por su participación y apoyo brindado para concluir el presente trabajo y por su valiosa e incondicional amistad.

Al **Dr. VICTOR MANUEL REYES SALAS:** Por ser un maestro amigo y sobre todo por brindarme su apoyo incondicional en este trabajo de tesis y por compartir sus conocimientos para una mejor formación como profesional. Y a ver participado como presidente del jurado calificador.

Al **Dr. REYNALDO ALONSO VELASCO:** Por darme la valiosa oportunidad y los apoyos para realizar este trabajo de tesis, por los conocimientos brindados como maestro y por la asistencia como parte del jurado calificador.

Al **M.C. FRANCISCO J. VALDEZ OYERVIDES:** Por su amistad y apoyo y por haberse permitido formar parte del jurado calificador.

En general a todos los maestros de la U.A.A.A.N por sus consejos y compartir sus conocimientos.

DEDICATORIA

A mis padres:

Lina Griselda salomón cordero

Por haberme engendrado y traerme a la vida, por tu incansable cariño y amor, por tu comprensión, por el apoyo inagotable en cada momento de mi vida, por la educación y enseñanzas que me das, por hacerme ver mis errores y corregirme, por tus consejos que me han servido para hacer frente a la vida y seguir adelante, gracias Mama te amo.

Maximiliano Álvarez Martínez

Por haberme dado la vida, por ser una persona que admiro y respeto y sobre todo que quiero mucho gracias por verme ayudado a salir a delante.

A mis hermanos: Lic. Miguel Álvarez salomón, bella aurora Álvarez salomón, Elisa Álvarez salomón

Por creer en mi, por los buenos y malos ratos que hemos pasado, por que siempre han estado en las buenas y malas, por la comprensión, confianza y apoyo incomparable que me han brindado y que me brindan día con día. Los amo

A mis sobrinos: Bryan de Jesús Ortegón Álvarez y Brandon Alberto seguí Álvarez

A mis familiares: Gracias por su apoyo y su cariño incondicional que me brindaron durante este tiempo.

A la familia Castillo Martínez: Gracias por ser tan amables con migo, por su apoyo y su cariño que me brindaron durante todo este tiempo lo cual lo llevo dentro de mi corazón.

Al LIC. Miguel Salazar Valdés y al Ballet Folklórico de la U.A. de C: Gracias por su apoyo, y su cariño incondicional que me brindaron durante este tiempo.

A mi novia ángeles Aguilar rivadeneyra: por su comprensión, confianza y apoyo en muchos aspectos que gracias a ello fueron parte de mi motivación y ganas de culminar mi propósito.

En general a todos, y pido disculpas por el que se me haya pasado.

INDICE

	Páginas
AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
INDICE	III
INDICE DE FIGURAS	IV
INDICE DE TABLAS	V
RESUMEN	VI
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
HIPOTESIS	3
REVICION DE LITERATURA	4
MATERIALES Y METODOS	13
RESULTADOS	17
DISCUSION	29
CONCLUSION	33
LITERATURA CITADA	34

INDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Evolución diurna de la temperatura ambiente y de la temperatura en el interior de la cámara del sistema abierto en durazno.	18
Figura 2. Evolución diurna del potencial hídrico de tallo (Ψ_{stem}) en plantas expuestas al aire libre y plantas colocadas en el interior de las cámaras en tres días diferentes de análisis para durazno.	19
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 diferentes para durazno.	22
Figura 4. Evolución diurna de la transpiración (T) mediante el uso de sistemas abiertos en duraznos (2 árboles - 2 sistemas abiertos) colocados en el interior de las cámaras y árboles en condiciones sin cámara (Control). Los indicativos en el gráfico “inicio” y “final” señalan el momento de instalación y desinstalación de los sistemas abiertos.	24
Figura 5. Evolución diurna 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 $2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ “Vel-2.5” y árbol con velocidad variable “Vel 2.5-1.5”) el consumo de un árbol al aire libre (Control). Los indicativos en el gráfico “inicio” y “final” señalan el momento de instalación y desinstalación de los sistemas abiertos.	27
Figura 6. Evolución diurna 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	28

sistema en árbol con velocidad variable de 2.5-1.5-2.5 ms⁻¹ “Vel 2.5-1.5”).

Figura 7. Relación de la pérdida de agua por transpiración en relación al árbol Control entre el día antes y después del emplazamiento de sistemas abiertos en duraznos. En la relación se considera solamente observaciones obtenidas de sistemas abiertos funcionando a velocidad constante de 2.5 m·s⁻¹.

INDICE DE TABLAS

Páginas

Tabla 1. Consumo de agua por transpiración en 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. 24

Tabla 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. 26

RESUMEN

En este trabajo fue importante evaluar la transpiración del durazno, el potencial hídrico de tallo y conductancia de hoja ya que fueron realizadas con un sistema abierto con este sistema incremento la temperatura como vemos en las figuras de este trabajo.

Se observaron diferencias de temperaturas entre el interior y exterior de la cámara.

Es importante investigar como se encuentra la transpiración en los arboles de durazno y mas cuando se utiliza un sistema abierto.

PALABRAS CLAVES: transpiración, durazno, sistema abierto, temperatura

INTRODUCCIÓN

La necesidad de entender a fondo la transpiración a nivel de todo el árbol en campo 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 coste (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 medidas 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. Sin embargo 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 al espectro de radiación dentro de la cámara y también se podría 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 el 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.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es evaluar las modificaciones inducidas por la instalación de sistemas abiertos (modificación del ambiente) sobre potencial hídrico de tallo y conductancia de hoja en durazno, y además estudiar la incidencia de estos sistemas abiertos sobre la transpiración de los duraznos.

HIPOTESIS

El sistema abierto modificara las condiciones ambientales del interior en donde se encuentra el árbol por lo que se incrementará la transpiración

REVISION DE LITERATURA

GENERALIDADES

El duraznero es un árbol de limitado desarrollo respecto a otros frutales alcanzando alturas de entre 3 y 6 mts de altura de copa oval y globosa, después de alcanzar su máximo desarrollo sus raíces centrales tienden a profundizarse exigiendo suelos profundos de naturaleza gruesa permeables penetrando en el en forma tortuosa mientras que las laterales se extienden casi horizontalmente. Sus ramas de tendencia vertical únicamente pueden ser dominadas por la poda. Sus hojas de forma lanceolada, aguda, doble dentada y color verde claro están provistas de pequeñas glándulas en la base del peciolo. (CONAZA, 1995)

Las flores pueden ser rosadas o rojas según la variedad y aparecen a finales del invierno, pueden ser grandes, medianas o pequeñas y están compuesta por tres sépalos, 5 pétalos, numerosos estambres y un solo estilo, con ovario supero unilocolar y provisto de lóculo.

El fruto cuando esta maduro su piel puede ser amarillenta o sonrosada, amarillo oro y rojo, mas o menos. En su centro se haya el hueso en su interior la semilla o almendra de sabor amargo por contener combinaciones de acido cianhídrico. (SARH, 1994)

Se considera que un árbol de rápido desarrollo de continua y regular producción de edad corta cuya longevidad depende de la naturaleza del suelo y subsuelo de clase y equilibrio de los fertilizantes así como del sistema de poda. SARH, 1994

Los duraznos se clasifican de la siguiente manera:

Durazno Pubescentes.-	1.- priscos: carne no pegada al hueso
	2.- No priscos: carne no pegada al hueso
Duraznos glabros.-	1.- Priscos: carne no pegada al hueso
	2.- Nectarinos: carne pegada al hueso

(Baudillo, 1986)

Pubescentes

Grupo 1.- priscos. Pertenecen las variedades cultivadas para mesa y son de pulpa color blanco, amarillo y rojo, aromático y agradable vista.

Grupo 2.- No priscos. Pulpa de consistencia fibrosa, muy dulce y perfumada son principalmente para almíbar, mesocarpio amarillo, pericarpio blanco verde o amarillo uniforme, frutos amarillos muy grandes.

Glabros.

Grupo 1.- Nectarinos de pulpa color amarillo, epicarpio rojo carmesí y amarillo muy estimado por su tamaño y sabor menos exigentes en climas que los del grupo 1 (pubescente) algunas variedades tienen el mesocarpio rojo pegado al hueso.

Grupo 2.- Nectarinos. Son conocidos en las zonas de producción como nectarinos de hueso pegado. (Baudillo, 1986)

CLASIFICACION TAXONOMICA.

Subdivisión: Angiosperma.

Orden: Rosales.

Familia: Rosaceae.

Subfamilia: Amygdaloides.

Genero: Prunus

Especie: Pésica.

Nombre científico – prunus pésica L.

DESCRIPCION BOTANICA

Klapenbach, (1967) propone la siguiente descripción botánica del cultivo del durazno.

TALLO.

Aéreo, tronco cilíndrico de color cenizo, corteza con capas lisas, ramas de un año verdes, después se tiñen de rojo pardo por el lado donde le da mas el sol, posteriormente adquieren el color del tallo.

RAIZ.

Típica, con raíces secundarias a veces más gruesas que la principal, penetran como máximo 1mt. De profundidad.

HOJAS.

Lanceoladas, aserradas, penninerves alternas, pubescentes, con pequeñas glándulas en la base del limbo, de color verde. Aisladas ocasionalmente 2 o 3 unidades.

FLOR.

Completa, axilar, simétrica radial, hermafrodita, pentámera, ovario supero, Monocarpelar, estambres libres, indefinidos que son de 25 a 30 aunados a la Base de la corola.

FRUTO.

Drupa, esférica, con surco longitudinal marcado, grama o pubescente, pulpa succulenta blanca o amarilla rojiza cerca del hueso en algunas variedades.

SEMILLA.

Cotiledonea y carece de endospermo. Debido al mejoramiento por injerto la semilla se ha degenerado, en algunas variedades.

TRANSPIRACION.

Se dice que la transpiración es la evaporación del agua de las plantas que es donde se lleva a cabo esta función, los estomas, la cutícula y los hidatodos todos estos forman una estructura en las hojas donde están relacionados con el cierre estomático donde impiden la pérdida de agua y la evaporación; ya que los estomas abiertos no tienen la misma resistencia a la evaporación y la transpiración que cuando estas se mantienen cerradas sin pérdidas ningunas.

Bidwell (1993) menciona que la mayor pérdida de agua que ocurre en las plantas tiene lugar a través de los estomas de las hojas. Este proceso está bajo control de la planta, aunque impuesto por las condiciones del medio y representa uno de los puntos principales de la interacción entre la planta para controlar la transpiración estomática.

El proceso de transpiración de las plantas produce la presión que empuja al agua hacia arriba, a todas las células de la planta.

Este proceso continúa hacia las raíces, donde el agua en los espacios extra celulares que rodean al xilema es empujada hacia adentro por las perforaciones de las paredes de los elementos de los vasos y las traqueidas. Este movimiento del agua hacia arriba y hacia adentro finalmente causa que el agua presente en el suelo se mueva hacia el cilindro vascular por ósmosis a través de las células endodérmicas. La fuerza generada

por la evaporación del agua desde las hojas, transmitida hacia abajo por el xilema hacia las raíces, es tan fuerte que se puede absorber agua de los suelos bastantes secos.

Bidwell (1993)

La transpiración tiene efectos positivos y negativos. Los positivos le proporcionan la energía capaz de transportar agua, minerales y nutrientes a las hojas en la parte superior de la planta. Los negativos son la mayor fuente de pérdida de agua, pérdida que puede amenazar la supervivencia de la planta, especialmente en climas muy secos y calientes. Castilla et al, (1998)

Factores que influyen en el proceso de transpiración.

El flujo de agua en la planta depende de la anatomía interna de la planta y de las propiedades del agua.

A medida que se hace más intenso el proceso de transpiración de la planta (el flujo de agua por el xilema es mayor) disminuye la presión del xilema, entonces se va haciendo mayor la diferencia entre la presión atmosférica y la presión del xilema lo que favorece el proceso de transpiración.

El movimiento del agua en la planta lo explica la teoría de la (diferencia de presión) tensión-cohesión, que se basa en las propiedades del agua como el ángulo de enlace formado por los 2 enlaces covalentes y su longitud de enlace, la diferencia de

electronegatividad entre el oxígeno y el hidrógeno, la formación de puentes de hidrógeno y la polaridad de la molécula de agua, lo que genera las fuerzas de cohesión, adhesión y la presión de vapor del agua. Castilla et al (1998)

El factor que más influye en el proceso de transpiración de las plantas es la abertura de los estomas. Además, la energía solar; al incrementar la temperatura acelera la velocidad de transpiración (se duplica por cada incremento de 10 °C). La humedad, la pérdida de agua es mucho más lenta cuando el aire circundante está saturado de vapor agua. El viento, el gradiente de concentración de vapor de agua entre el interior de la hoja y el aire circundante aumenta cuando las corrientes de aire arrastran el vapor de agua de la superficie foliar. Castilla et al (1998)

Factores que afectan la transpiración.

Son muchos los factores que afectan la pérdida de agua por las plantas. Los más importantes son los factores ambientales que afectan directamente la presión de vapor del agua en la hoja y la presión de vapor de agua en la atmósfera. Los más importantes son: luz, temperatura, humedad y viento. Se ha observado un efecto de las variaciones de los contenidos de humedad del suelo sobre la transpiración. A medida que decrece la humedad del suelo y se aproxima al punto de marchitez permanente (1,5 MPa), la tasa de transpiración disminuye. Aunque la disponibilidad de agua en la interface suelo-raíz, pueda influenciar la transpiración directamente, es más probable que la disminución del potencial hídrico del suelo, cause una disminución del potencial hídrico

de la hoja y se produzca un aumento en la resistencia estomática (disminuye la conductividad), debido a la pérdida de turgor de las células guardianes y a un cierre de los estomas. La tasa transpiratoria disminuye por un aumento de la resistencia estomática. A medida que el suelo se seca, el potencial hídrico de la raíz disminuye, compensando en parte la disminución del potencial hídrico del suelo. Rubén Hdez. (2007)

De los factores ambientales el que se correlaciona mejor con la transpiración es la radiación solar incidente, ya que tiene un efecto directo sobre la apertura estomática. Muchos estomas se abren en presencia de la luz, lo que incrementa la transpiración. Otro factor importante es la temperatura. Si se analiza el curso diario de la transpiración, desde que sale el sol hasta que se pone, se observa que hay una correlación entre la radiación y la temperatura, que presentan un aumento casi paralelo, sin embargo la humedad relativa disminuye desde las horas de la mañana hacia el mediodía, aumentando luego en horas de la tarde, cuando declina la radiación solar y la temperatura disminuye. . Rubén Hdez. (2007)

La transpiración aumenta paralelamente a la radiación solar y la temperatura, pero con cierto retraso; sin embargo después del mediodía presenta sus valores máximos, disminuyendo a medida que aumenta la humedad relativa del aire, en las horas de la tarde. La transpiración es una función directa de la presión de vapor del agua en la superficie de las células del mesófilo. La temperatura del agua es el factor que controla la presión de vapor del agua. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la presión de vapor de una forma exponencial. La humedad relativa del aire es un factor

importante de la transpiración, en relación a la temperatura del aire. La transpiración aumenta a medida que disminuye la humedad relativa del aire a una temperatura dada, ya que la fuerza impulsora de la transpiración es la diferencia de presiones de vapor (ΔP) entre el agua de la hoja (P) y el agua en el aire (Po). Rubén Hdez. (2007)

El viento puede aumentar la transpiración, reduciendo la capa de vapor de agua estacionario que se encuentra sobre la hoja, facilitando la difusión. Así mismo, el viento tiene un efecto refrigerante en la superficie foliar, si la hoja está más caliente que la masa de aire que pasa sobre ella, la hoja se enfría. En general el viento causa un aumento en la transpiración. Si la masa de aire que se mueve sobre una hoja está cargada de humedad, la transpiración disminuye, pero si es aire seco aumenta. Rubén Hdez. (2007)

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo, en durazno, sobre 3 árboles de 3 años de edad de la variedad cv. "O Henry" sobre un patrón "Montclar" plantados en contenedores de gran capacidad (120 l) y crecidos en condiciones de umbráculo (bajo maya sombra).

El riego tanto en durazno, se aplicó con el objetivo de mantener las plantas en condiciones de ausencia de estrés hídrico. En durazno el riego se programó para el mantenimiento de potenciales hídricos de tallo alrededor de -0.8 MPa. Este valor se 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 ($2 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$) por árbol y aplicado el riego sobre una base diaria con un promedio de 15-20 minutos.

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 estaban colocados sobre balanzas lisimétricas con plataformas de 80×80 cm. utilizando células de carga de torsión (modelo YIDE, PESATGE INDUSTRIAL AYA S.L., Badalona, Spain) y conectadas a datalogger (CR10X, Campbell Scientific, LTd., Prosser, WA, USA) registrando los cambios de peso con una precisión de ± 10 g cada 20 minutos. 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 tres días 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 horas al medio día. Antes y después de este periodo la velocidad se mantuvo a 2.5 m·s⁻¹.

VARIABLES EVALUADAS

Temperatura

Las lecturas de la temperatura se realizaron con un termo anemómetro (Modelo Testo 425; TESTO, Lenzkirsch, Alemania) se tomaron mediciones de la temperatura en el interior de las cámaras de los sistemas abiertos en durazno así como en el exterior (temperatura ambiente), y éstas se realizaron en un periodo de cada 15 minutos en un lapso de una hora y se promediaron para obtener una media horaria.

Conductancia estomática (g_s)

Las mediciones de la conductancia estomática **g_s** se determinaron con un pororómetro “steady state” (LICOR, modelo Li -1600, Lincoln, 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 control. Las mediciones se

realizaron en 5 hojas de cada planta (durazno) y se promediaron para obtener la media de cada hora.

Potencial hídrico de tallo (Ψ_{stem})

Potencial hídrico de tallo Ψ_{stem} 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 1 hora antes de la lectura para asegurar un equilibrio en la hoja con el resto del árbol (Shackel et al. 1997). Se realizaron 2 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 diferentes (a las 6:00, 10:00, 11:00 y 16:00 hora solar)

Transpiración (T)

Esta variable 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 días diferentes (23 y 29 de Julio y 5 de Agosto). Los efectos de colocar el sistema abierto sobre la transpiración del durazno se evaluó comparando los cambios relativos en valores de transpiración respecto a los de los árboles control (al aire libre), 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 del 2008. En el último caso se compararon los efectos de

reducir y recuperar la velocidad de 2.5 a $1.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y viceversa con los valores de transpiración de otro durazno al que se le había mantenido la velocidad estándar constante ($2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

RESULTADOS

Evaluación de la temperatura del interior de la cámara del sistema abierto del ambiente externo.

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 (Fig. 1). 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 (Fig. 1).

Evaluación del potencial hídrico de tallo (Ψ_{stem}) en plantas al aire libre y en el interior de las cámaras del sistema abierto

En las evaluaciones realizadas en los duraznos, se observó una tendencia clara a que los árboles colocados dentro de las cámara registrasen valores de Ψ_{stem} más negativos que los árboles expuestos al aire libre (Fig. 2). Las diferencias diarias promedio entre las dos situaciones fueron de 0.21, 0.17 y 0.20 -MPa para el primer, segundo y tercer día evaluado respectivamente (Fig. 2).

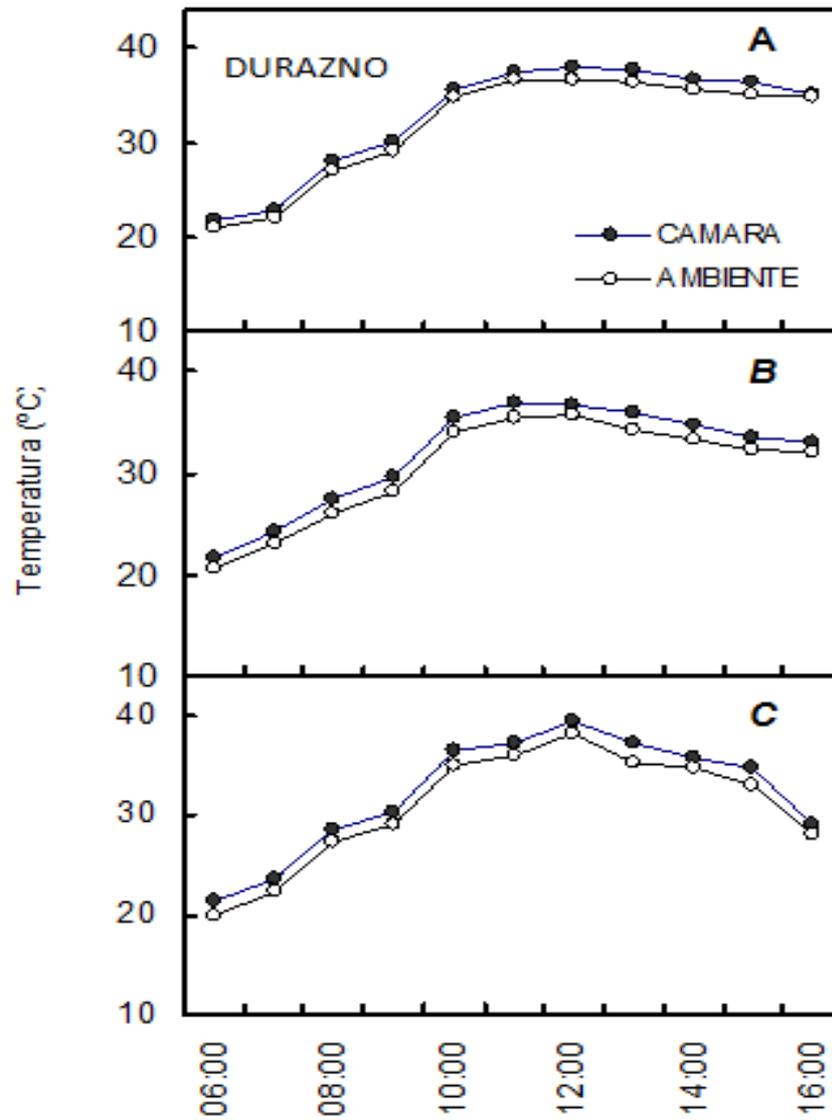


Figura 1. Evolución diaria de la temperatura ambiente y de la temperatura en el interior de la cámara del sistema abierto en durazno (A,B,C) para los diferentes días de análisis.

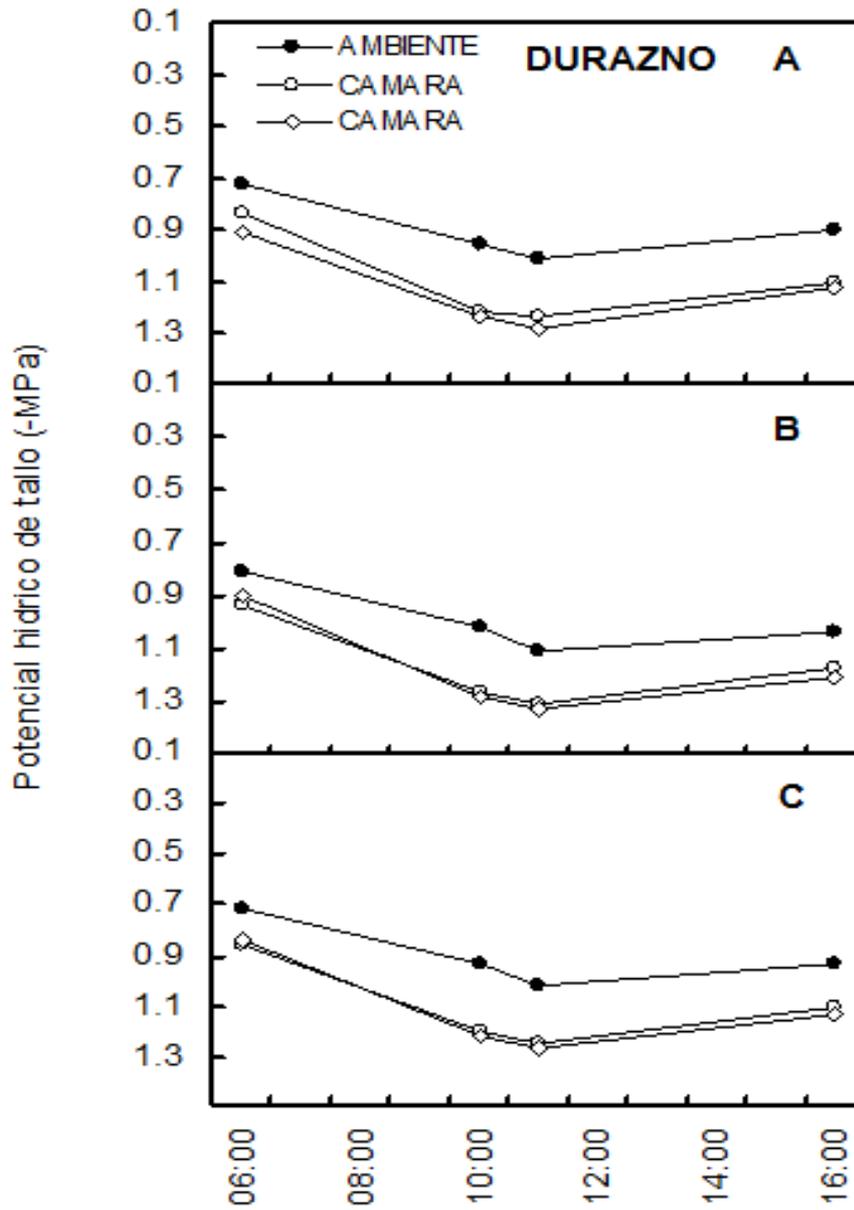


Figura 2. Evolución diurna del potencial hídrico de tallo (Ψ_{stem}) en plantas expuestas al aire libre y plantas colocadas en el interior de las cámaras en tres días diferentes de análisis para durazno (A, B, C)

Evaluación de la conductancia estomática (g_s) en plantas al aire libre y en el interior de las cámaras del sistema abierto.

El efecto de colocar un 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 (Fig. 3). Las diferencias en g_s entre hojas de plantas del exterior y del interior de la cámara fueron de alrededor de $30 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ sobre la base de promedios diarios (Fig. 3).

Evaluación de la transpiración (\mathbf{T}) en árboles de durazno al aire libre y en el interior de las cámaras del sistema abierto

Las balanzas lisimétricas registraron las pérdidas de peso cada 15 minutos y aportaron datos consistentes en cuanto a diferencias entre árboles durante los días anterior y posterior a los días de emplazamiento del sistema abierto (Fig. 4). Durante el primer ciclo de medida (22 a 24 de Julio) el árbol situado al aire libre (Control) tendió a consumir más agua que cualquiera de los árboles que llevaron el sistema abierto durante el día intermedio (Fig. 4). Resultados similares se encontraron durante el segundo ciclo de medidas (Fig. 4). 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 (Fig. 4). A partir de ese momento se observan las respuestas, en forma de

perdida de peso, a los tratamientos aplicados (Fig. 4). En general, las diferencias relativas en transpiración entre los dos árboles con el sistema abierto y el de al aire libre se mantuvieron de forma razonablemente constante entre el día antes y día después al emplazamiento de las cámaras (Tabla 1).

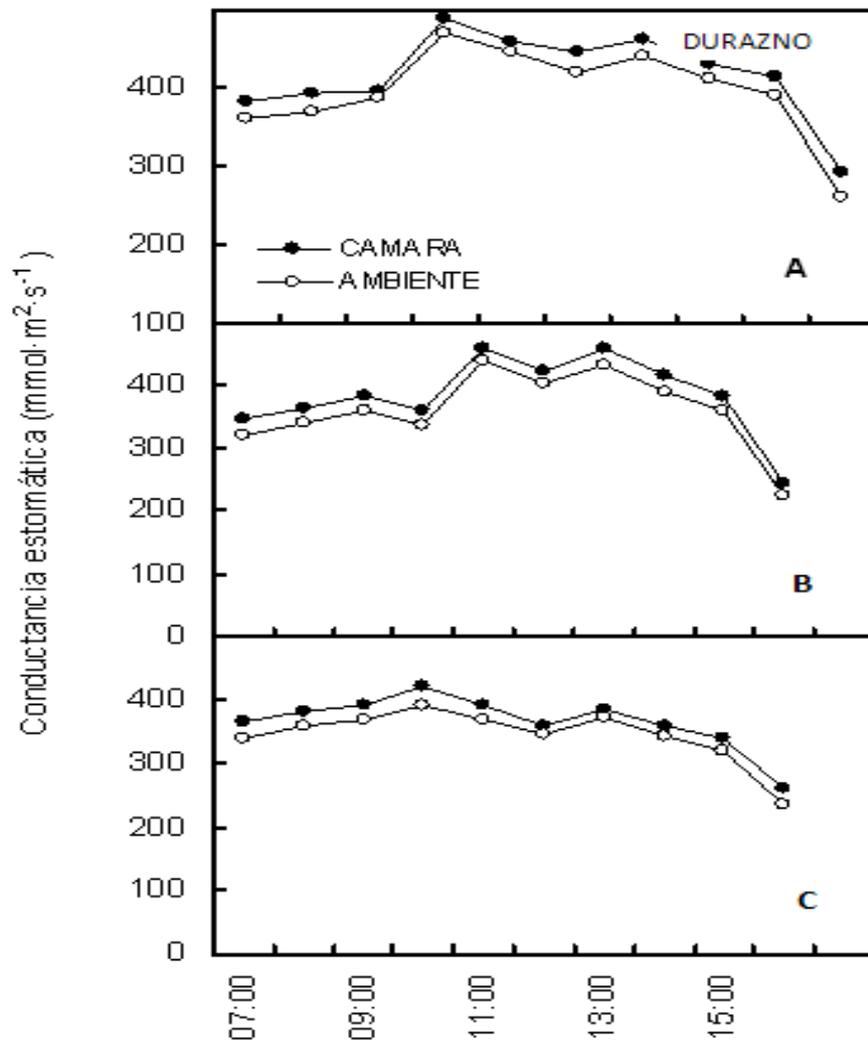


Figura 3. Evolución diurna de la conductancia de hoja (g_s) en plantas expuestas al aire libre y plantas colocados en el interior de las cámaras, en tres días diferentes de análisis diferentes para durazno (A, B, C)

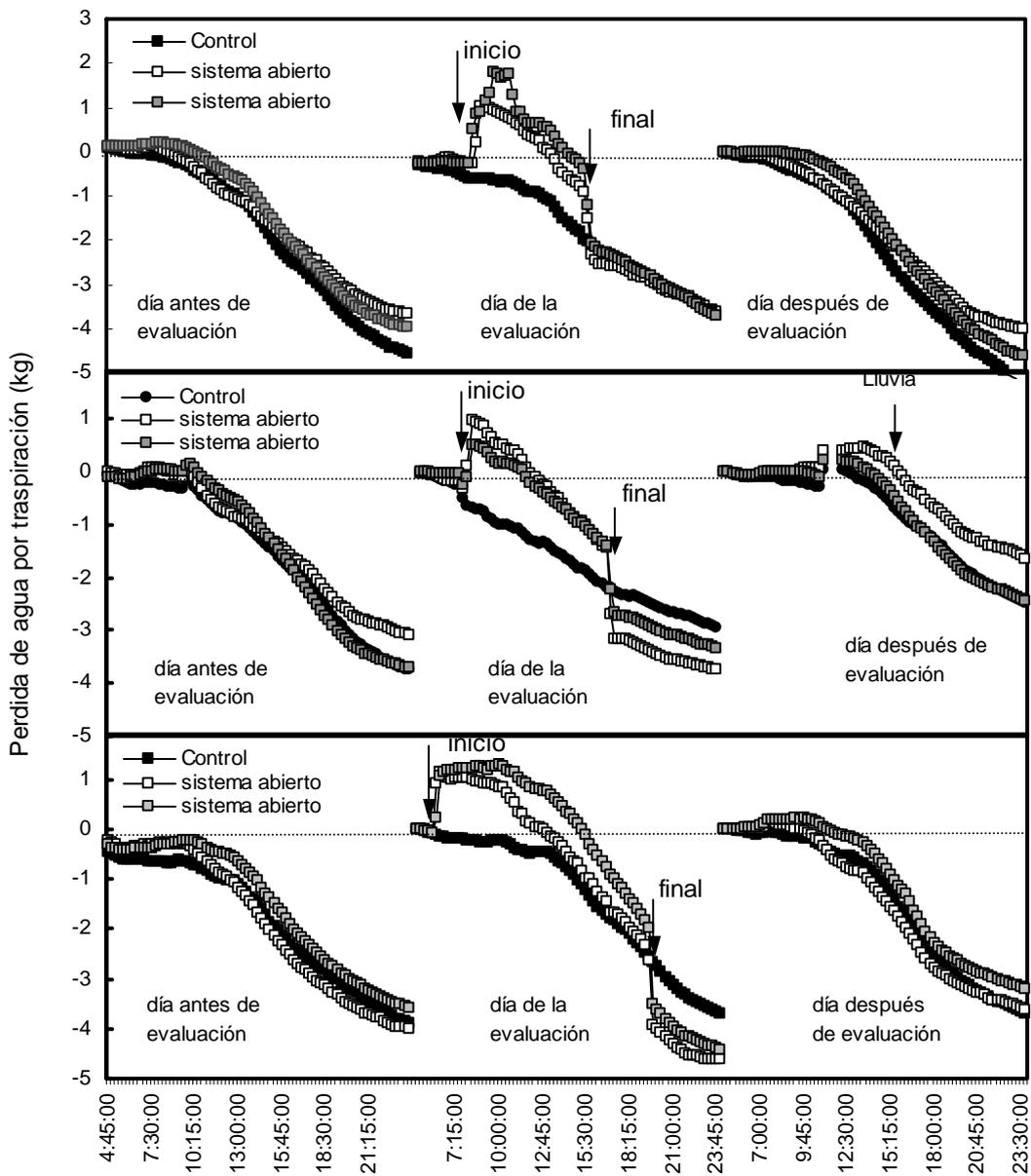


Figura 4. Evolución diurna de la transpiración (T) mediante el uso de sistemas abiertos en duraznos (2 árboles - 2 sistemas abiertos) colocados en el interior de las cámaras y árboles en condiciones sin cámara (**Control**). Los indicativos en el gráfico “inicio” y “final” señalan el momento de instalación y desinstalación de los sistemas abiertos.

El emplazamiento del sistema abierto respecto al día anterior, durante el primer ciclo, supuso un aumento en transpiración promedio del 22% (Tabla 1). En los dos ciclos consecutivos los incrementos relativos supusieron un incremento de transpiración del 45% y 43 %, 2^{do} y 3^{er} ciclo, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Consumo de agua por transpiración en 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 ^Z		Día después	
		L·h ⁻¹	Dif ^Y (%)	L·h ⁻¹	Dif (%)	L·h ⁻¹	Dif (%)
1^{er} Ciclo	Árbol aire libre	0.25	100	0.33	100	0.28	100
22 a 24 Julio	Árbol cámara₁	0.20	80	0.31	94	0.22	79
	Árbol cámara₂	0.22	88	0.39	118	0.25	89
	Promedio efecto cámara^X		84		106		84
2^{do} Ciclo	Árbol aire libre	0.20	100	0.19	100	0.13	100
29 a 31 Julio	Árbol cámara₁	0.17	85	0.29	153	0.09	69
	Árbol cámara₂	0.20	100	0.23	121	0.13	100
	Promedio efecto cámara		92		137		85
3^{er} Ciclo. 4 a 6 Agosto	Árbol aire libre	0.21	100	0.25	100	0.20	100
	Árbol cámara₁	0.19	90	0.35	140	0.20	100
	Árbol cámara₂	0.22	104	0.35	140	0.17	85
	Promedio efecto cámara		97		140		93

^Z 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.

^Y Dif = 100*(Árbol cámara / Árbol aire libre).

^X Promedio efecto cámara = (Árbol cámara₁ + Árbol cámara₂)/2.

Evaluación de la transpiración (\mathbf{T}) en árboles de durazno al aire libre y en el interior de las cámaras del sistema abierto en respuesta al cambio de velocidad de flujo de aire a enterada en cámara.

En el día anterior a la evaluación con el sistema abierto se apreció una tendencia a que el árbol al aire libre y el árbol Vel-2.5 consumieran agua de forma parecida mientras que el árbol Vel 2.5-1.5 lo hiciera un 19% más que el árbol al aire libre (Tabla 2; Fig. 5). Sin embargo dichas proporciones no se mantuvieron el día después de la evaluación en el que el árbol al aire libre consumió de un 17% a un 26% más agua que cualquiera de los demás árboles (Tabla 2; Fig. 5). En el día de evaluación, y con la instalación del sistema abierto, fue necesario un período de transición de hora y media para que los valores de pérdida de peso empezaran a marcar un consumo de agua evidente (Fig. 5).

En el análisis diurno correspondiente al día de evaluación, el árbol con velocidad variable V2.5-1.5 antes de la reducción de la velocidad del flujo de aire a $1.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, presentaba valores de consumo de agua por transpiración superiores a los mostrados por el árbol velocidad constante $2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, tal y como sucedió el día anterior al de evaluación (Fig.6; Tabla 2). Sin embargo con la reducción de la velocidad de 2.5 a $1.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, los consumos del árbol con velocidad variable se redujeron en comparación a los observados en el árbol con velocidad constante a $2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Fig.6). De forma congruente, con el retorno de la velocidad de 1.5 a 2.5, el árbol con velocidad variable

tendió a incrementar los valores de consumo de agua comparado con el árbol de velocidad constante a 2.5 (Fig. 6).

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

Tabla 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 ^Z		Día después	
		L·h ⁻¹	Dif ^Y (%)	L·h ⁻¹	Dif (%)	L·h ⁻¹	Dif (%)
Período del 11 al 13 Agosto	Árbol aire libre	0.21	100	0.34	100	0.23	100
	Árbol Vel-2.5	0.21	100	0.35	103	0.19	83
	Árbol Vel 2.5-1.5	0.25	119	0.39	115	0.17	74

^Z 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 vel 2.5-1.5 incluye ambos periodos con velocidades diferentes.

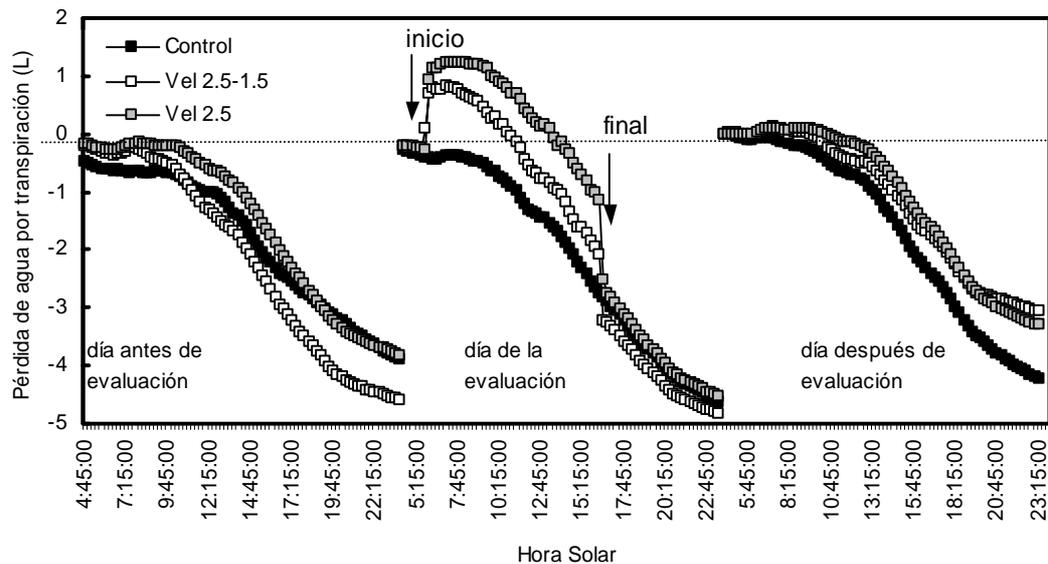


Figura 5. Evolución diaria de la pérdida de agua por transpiración en durazno en respuesta a cambios en la velocidad de flujo de aire a la entrada en cámara comparando dos sistemas abiertos (árbol con velocidad constante a $2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ “Vel-2.5” y árbol con velocidad variable “Vel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

El suministro de un flujo constante de aire a una velocidad de $2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ suponía un índice de renovación en promedio de 1.3 veces cada minuto, mientras que al reducirlo a una velocidad de $1.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ el índice de renovación se reducía a 0.7.

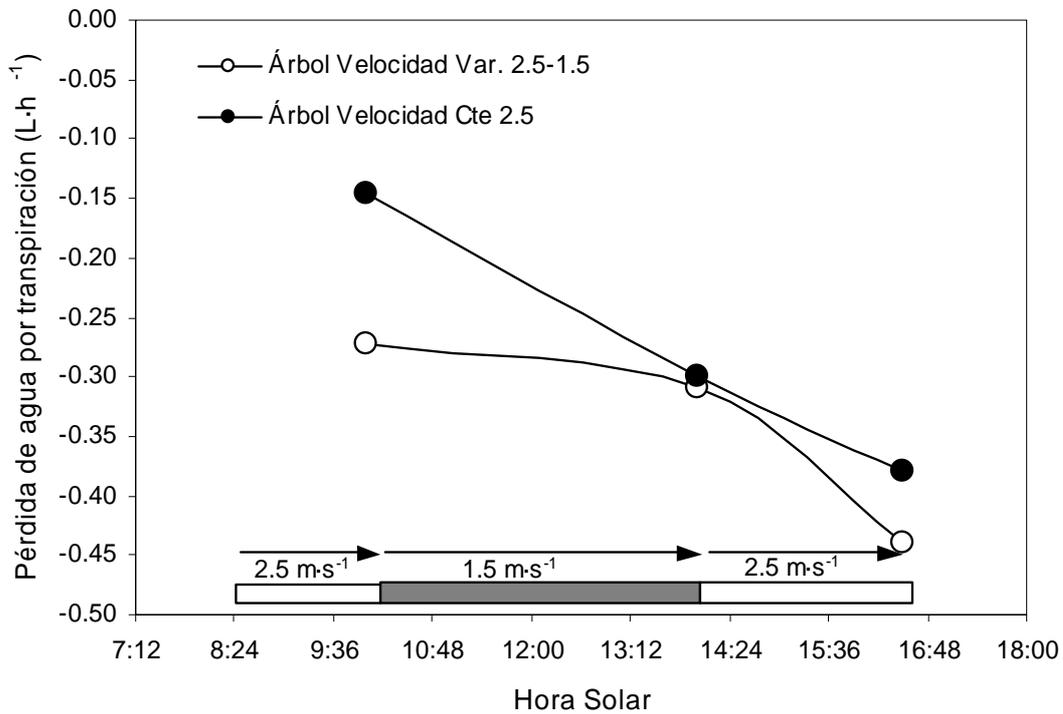


Figura 6. Evolución diurna de la pérdida de agua por transpiración en duraznos en respuesta a cambios en la velocidad de flujo de aire a la entrada en cámara comparando dos sistemas abiertos (sistema en árbol con velocidad constante a 2.5 ms^{-1} “Vel-2.5” y sistema en árbol con velocidad variable de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

DISCUSIÓN

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, incrementos de temperatura de hasta 2-3°C son de esperar en el interior de la bolsa (Miller et al., 1996). En el caso de las comprobaciones realizadas en (durazno) los incrementos máximos de temperatura respecto el exterior no superaron nunca el 1.5 °C (Fig. 1). Sin embargo, y a pesar de lo reducido en los incrementos en temperatura, los valores de Ψ_{stem} descendieron de forma muy importante en durazno (Fig. 2). Por otro lado, si el emplazamiento de la bolsa de plástico pudo haber inducido algún estrés evidente en durazno, éste no pareció apreciarse con suficiente claridad a partir de los valores de g_i , que por el contrario experimentaron incrementos de hasta un 9 % en plantas funcionando con el sistema abierto (Fig. 3).

Congruente con los incrementos en g_i 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 en transpiración relativa muy importantes respecto árbol creciendo al aire libre, y que de acuerdo con las estimaciones de este estudio pueden llegar a ser de entre un 22 a un 45% superiores (Tabla 1).

Todo ello parece indicar que el efecto de emplazamiento de la cámara y de la eliminación de la capa límite por el aire circulando en su interior, ha inducido a aumentos en conductancia estomática y como consecuencia de ello se ha alterado el equilibrio inicial entre suministro de agua por las raíces y consumo por la parte aérea descendiendo consecuentemente los valores de Ψ_{stem} . Ya que los descensos en Ψ_{stem} no han ido correlacionados con descensos en g_l , queda la duda de si estos descensos en Ψ_{stem} son indicativos de estrés hídrico real o tan solo muestran el efecto de un desequilibrio en el balance hídrico de la planta.

Las condiciones experimentales ligadas al emplazamiento de sistemas abiertos durante un plazo corto de tiempo hacen difícil el controlar parámetros de crecimiento que pudieran ser útiles para indicar algún signo de estrés hídrico. Sin embargo ha parecido haber una tendencia a reducirse los consumos relativos por transpiración respecto al árbol situado siempre al aire libre (Control) en algunos días después de retirarse la cámara de los árboles estudiados (Fig. 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 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 aire libre.

La prueba de disminuir el flujo de aire a la entrada en cámara de 2.5 a $1.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ durante unas 4 horas 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 $2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) disminuyeron con la reducción de la velocidad del flujo de aire a la entrada (Fig. 6). Sin embargo 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%) (Tabla 2; Tabla 1). 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 circulación 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 y dicha posibilidad debe de considerarse como una mera especulación.

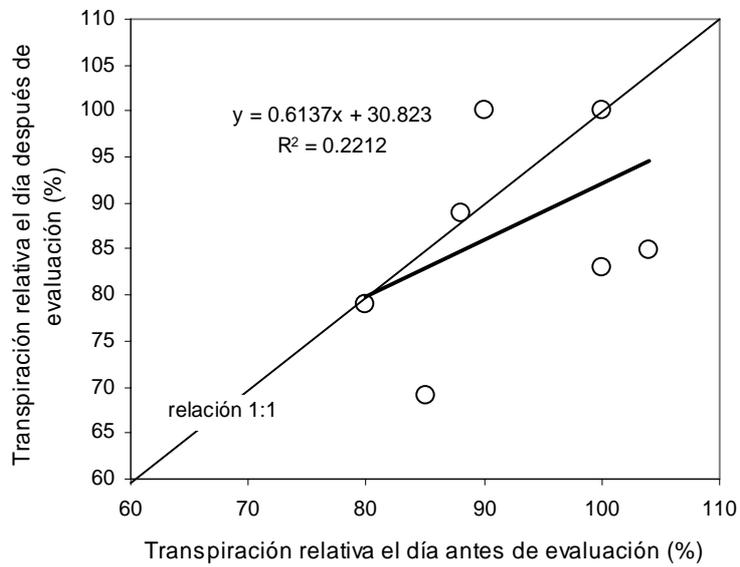


Figura 7. Relación de la pérdida de agua por transpiración en relación al árbol Control entre el día antes y después del emplazamiento de sistemas abiertos en duraznos. En la relación se considera solamente observaciones obtenidas de sistemas abiertos funcionando a velocidad constante de $2.5 \text{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

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 evaporimétrica.

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 Magnanini, E., 1993. A whole tree system for gas exchange studies. *HortScience* 28:41-45.

Girona,J.; M. Mata; A. Vall-Ilebreda; V. Carrasco; J. Marsal, 2005. Respuesta del crecimiento vegetativo y productivo en duraznos (*Prunus pérsica* L Batsch) sometidos a diferentes estrategias de riego deficitario controlado. XIII Jornadas Técnicas Sobre Riegos Tenerife.

Girona, J., Mata, M. Del campo, J. Arbonés, A. Bartra, E. Marsal J. 2006. The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. *Irrig. Sci.* 24: 115-127

Heinicke, A.J., y N.F. Childers. 1937. The daily rate of photosynthesis, during the growing season of 1935, of a young apple tree of bearing age. *Cornell Vniv. Exp. Sta. Mem.* 201. New York. EE. VV.

Long, S.P. y Hällgren J-E., 1985. Measurement of CO₂ assimilation by plants in the field and the laboratory. In: J. Coombs, D.O.Hall, S.P. Long y J.M.O Scurlock eds, Thecniques in Bioproductivity and Photosynthesis. 2nd Edition. Pergamon Press:62-94.

Miller D.P., Howell, G.S. y Flore, J.A., 1996. A whole-plant, open gas-exchange system for measuring net photosynthesis of potted woody plants. Hort Science 31(6):944-946.

Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A. y 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.; Ahmadi, H.; Biasi, W.; Buchner, R.; Goldhamer, D.A.; Gurusinghe, S.; Hasey, J.; Kester, D.; Kruger, B.; Lampine, F.; McGourty, G.; Micke, W.; Mitcham, E.; Olson, B.; Pelletrany, K.; Philips, H.; Ramos, D.; Schwankl, L.; Sibbet, S.; Snyder, R.; Southwick, S.; Stevenson, M.; Thorpe, M.; Weinbaum, S.; Yaeger, J.; 1997 Plant Water estatus as an index of irrigation needs in deciduous fruit trees. HortTechnology 7(1): 23-28.

Sarh. 1994. Frutales caducifolios, sistema y producto, durazno. Publicación oficial no. 4

Baudillo, J. 1986. El durazno. Editorial aedos, Barcelona España.

Klapenbach ramón. 1967. Cultivo del durazno debe incrementarse en México.

Rubén Hernández Gil. ()Profesor de fisiología vegetal – departamento botánica, facultad de ciencias forestales y ambientales. Universidad de los andes-Mérida- Venezuela