

## **EFFECTO DEL CLIMA, DEL MATERIAL VEGETAL Y DE LA FORMA DE MEDICION EN EL POTENCIAL HÍDRICO XILEMÁTICO EN PALTO**

R. Ferreyra<sup>1</sup>, G. Selles<sup>2</sup>, P. Maldonado<sup>1</sup>, J. Celedón<sup>1</sup>, y P. Gil<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional V Región, Chorrillos 86, La Cruz; Chile. Correo electrónico: rferreyr@inia.cl

<sup>2</sup> Instituto Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional La Platina. Santa Rosa 11610, Santiago, Chile.

Proyecto financiado INNOVA- CORFO

El estudio se realizó en la V región, durante las temporadas 2003 – 2004, en árboles de palto Hass, sobre portainjerto Mexícola, los cuales se encontraban en etapa productiva y sin restricciones hídricas ni nutricionales. Se realizaron varios experimentos para evaluar la posibilidad de optimizar y simplificar las mediciones de potencial hídrico xilemático ( $\Psi_{hx}$ ), los que se señalan a continuación: Efecto sobre el  $\Psi_{hx}$ , del déficit de presión de vapor (DVP), de la edad de la hoja, del tiempo de equilibrio al cubrir la hoja, del tiempo transcurrido entre corte de la hoja y medición de ésta, de la ubicación de la hoja en el árbol, y de la mantención de la hoja después de ser cortada del árbol en condiciones de alta humedad relativa.

Los resultados obtenidos muestran, entre otros antecedentes, que el  $\Psi_{hx}$  en el palto presenta valores estables entre las 12:30 y 17:30 horas (mediodía). Las hojas que presentan la menor variabilidad son las de 10 a 12 meses de edad, expuestas al sol. El tiempo mínimo de equilibrio para medir el  $\Psi_x$  es de 15 minutos luego de bloqueada la transpiración. Las hojas una vez cortadas del árbol deben medirse en un lapso de tiempo no superior a los 1 minutos, sin embargo se podría aumentar el tiempo entre el corte de la hoja y la medición del potencial hídrico, al mantener ésta en condiciones de alta humedad relativa.

Palabras clave: potencial hídrico xilemático, aguacate, estado hídrico de la planta, *Persea americana* Mill.

## **EFFECTS OF ENVIRONMENT, LEAF CHARACTERISTICS AND METHODOLOGY ON STEM WATER POTENTIAL IN AVOCADO TREES**

R. Ferreyra<sup>1</sup>, G. Selles<sup>2</sup>, P. Maldonado<sup>1</sup>, J. Celedón<sup>1</sup> and P. Gil<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional V Región, Chorrillos 86, La Cruz; Chile. Correo electrónico: rferreyr@inia.cl

<sup>2</sup> Instituto Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional La Platina. Santa Rosa 11610, Santiago, Chile

Proyecto financiado INNOVA- CORFO

A research study was developed during 2003 and 2004 on 'Hass' avocado trees grown on Mexicola rootstock, in the V Region. The trees were in productive stage

with optimal water and nutritional status. In order to optimize xylem water potential ( $\Psi_{hx}$ ) measurements, several factors affecting this methodology were studied, including vapour pressure deficit (VPD), leaf age, equilibrium of water status of leaf tissues, time between leaf detachment and  $\Psi_{hx}$  measurement, leaf location on the tree, and the effect of high humidity conditions on a detached leaf prior to measurements. Our results showed that in avocado trees the values of  $\Psi_{hx}$  were stable between 12:30pm and 5:30pm. The most homogenous measurements were obtained by using 10- to 12-month- old leaves under sun light exposure. We observed that in the pressure chamber, measurements should be conducted after the leaf water potential reached equilibrium with the petiole water potential, which occurred after 15 minutes. Leaf water potential should be measured no longer than 1 minute after detachment from the tree; however, this time could be extended by keeping the leaf under high humidity before measurement.

**Key words:** xylem water potential, avocado, plant water status, *Persea americana* Mill.

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los rendimientos promedio de los huertos de paltos o aguacate (*Persea americana* Mill.) son bajos en comparación con otras frutas de pulpa. Esto se debe en gran parte a que para producir frutos de semilla grande y ricos en aceite se requiere un alto costo en fotosintatos (Wolstenholme, 1986). En Chile hay huertos que mantienen producciones estables de alrededor de  $25 \text{ t ha}^{-1}$ , sin embargo el rendimiento promedio de los huertos adultos está alrededor de las  $9 \text{ t ha}^{-1}$ . Lo anterior se debe a múltiples factores, entre los cuales los más importantes son aquellos que se relacionan con problemas en el estatus hídrico del huerto, por deficiencias en suplir los requerimientos hídricos del cultivo, como también por asfixia radical. La asfixia en palto es un problema que se debe a que el palto es muy sensible a la falta de aire en el suelo, y la mayoría de las plantaciones en el país se han realizado en terrenos con baja capacidad de aire, cercanas al 15%, y alta densidad aparente,  $1,3$  a  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$  (Nagera, 2006).

Uno de los principales factores que afectan la producción y calidad de la fruta, sobre todo en condiciones de suelo desfavorables para el desarrollo del palto, es una inadecuada relación entre el agua y aire en la zona de la rizósfera, producto de deficiencias en el manejo del riego. Un exceso o falta de agua durante el crecimiento del palto limita la producción y la calidad de la fruta, particularmente si el estrés se produce entre primavera e inicio de verano (Whiley *et al.*, 1988a; 1988b).

Entre las soluciones para superar este problema destacan la búsqueda de portainjertos resistentes a baja aireación en el suelo. No obstante, para huertos ya establecidos deben buscarse nuevas alternativas de manejo que permitan disminuir la incidencia de este inconveniente. Una forma de lograr esto es mantener en los suelos contenidos de humedad inferiores a capacidad de

campo, lo que permitiría una mejor relación aire:agua en el suelo. Sin embargo, esto obliga a un adecuado control del riego de manera de evitar períodos de déficit hídrico.

El riego se puede controlar definiendo el momento oportuno de aplicación de agua, a través de mediciones del estado hídrico de las plantas, como es el potencial hídrico de la hoja ( $\Psi_h$ ) (Boyer, 1995). Sin embargo, su valor como indicador del estado hídrico del cultivo ha sido cuestionado por su variabilidad, dada la influencia de factores microambientales, especialmente la exposición a la luz solar directa que presentan las hojas a medir (Shackel *et al.*, 1997). Debido a lo anterior, algunos autores miden el potencial hídrico temprano en la mañana, antes de la salida del sol (Williams y Araujo, 2002). Sin embargo esta medición es poco sensible a la disponibilidad de agua en el suelo, ya que el potencial hídrico de la planta tiende a equilibrarse con las zonas más húmedas del suelo (Garnier y Berger, 1987, Ameglio *et al.*, 1999). Por otra parte, desde el punto de vista práctico, es difícil que el  $\Psi_h$  medido en la madrugada pueda ser utilizado como controlador rutinario del riego, debido a la hora (antes de la salida del sol) en que debe realizarse la medición en el campo.

Es posible eliminar los factores microambientales que afectan las mediciones del  $\Psi_h$  indicados anteriormente, al bloquear la transpiración de la hoja, antes de ser cortada de la planta (Garnier y Berger, 1985; Olien y Lakso, 1986; Shackel *et al.*, 1997). La metodología para lograr lo anterior consiste en, previo a la medición, poner las hojas que se van a medir en una bolsa plástica, y luego envolverlas en papel aluminio, para impedir el paso de la luz, bloqueando de esta forma la transpiración de la hoja. En estas condiciones el potencial hídrico medido representa el potencial promedio de la ramilla que sostiene la hoja. Previo a la medición, las hojas deben permanecer envueltas por un período de 2 h, para que  $\Psi_h$  se equilibre con el potencial hídrico xilemático o del brote ( $\Psi_x$ ) (McCutchan y Shackel, 1992). Sin embargo, Fulton *et al.* (2001) indican que en nogales (*Juglans regia* L.), almendros (*Prunus dulcis* Mill.) y ciruelos (*Prunus domestica* L.) este equilibrio se logra después de 10 min de colocada la hoja en una bolsa cuyo interior es de plástico y exterior de papel aluminio. En palto no existe información al respecto.

De esta forma, el  $\Psi_x$  es menos influenciado por cambios microambientales de corto plazo que afectan la transpiración de la hoja y por lo tanto al  $\Psi_h$ . En consecuencia, el  $\Psi_x$  es una medida más apropiada del estado hídrico de la planta (McCutchan y Shackel, 1992). Diferentes estudios han demostrado que el  $\Psi_x$  medido con cámara de presión es un buen indicador del estrés hídrico en árboles frutales. Naor *et al.* (1995) encontró una buena correlación entre  $\Psi_x$  y el rendimiento y calibre en manzanos (*Pyrus malus* L.). Datos similares encontraron Ferreyra *et al.* (2002) y Ferreyra *et al.* (2004) en duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch) y vides viníferas (*Vitis vinifera* L.). Naor (1998) y Ferreyra *et al.* (2002) comprobaron que la conductancia estomática en nectarines (*Prunus persica* var *nectarina* (Aiton) Maxim.) y vid vinífera está altamente correlacionada con  $\Psi_x$ . El  $\Psi_x$  mínimo o de mediodía ( $\Psi_{x\min}$ ), ha sido propuesto por varios autores como un indicador estándar para determinar el estado hídrico de la planta con fines de

riego (Ferreira y Goldammer, 1990; Shackel *et al.*, 1997; Naor y Peres, 2001; Ferreyra *et al.*, 2002). Sin embargo, los tiempos necesarios para producir el equilibrio del potencial en la hoja y el escaso tiempo disponible para realizar la medición a mediodía, sobre todo cuando el huerto involucra una gran superficie, dificultan la adopción de esta técnica por parte de los agricultores.

Por lo indicado anteriormente, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto del déficit de presión de vapor del aire (DVP) sobre el  $\Psi_{xmin}$ , la edad de la hoja en que se realiza la medición, la ubicación de la hoja en el árbol, el tiempo transcurrido entre cubrir la hoja y realizar la medición de  $\Psi_x$ , el tiempo entre la toma de la muestra y la medición en la cámara de presión en condiciones de terreno, y, finalmente, el tiempo de mantención de la hoja en condiciones de alta humedad relativa, después de ser cortada del árbol, antes de la medición. La respuesta a estas interrogantes permitirá optimizar el uso de  $\Psi_{xmin}$  como técnica de control de riego en palto.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se condujeron en la localidad de Quillota (32°53' lat. Sur; 71°16' long. Oeste), Región de Valparaíso, zona central de Chile, durante la temporada 2003-2004. Esta zona es semiárida, sin lluvia de verano, por lo cual el clima corresponde a mediterráneo templado, con temperaturas medias anuales de 15,3°C, con una máxima media del mes más cálido (enero) de 27°C y una mínima media del mes más frío (julio) de 5,5°C. El período libre de heladas es de 9 meses, de septiembre a mayo, y el régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 437 mm, concentrada en los meses de junio a agosto.

Se implementaron siete experimentos en árboles de palto cv. Hass, sobre porta injertos Mexicola, regados con un microaspersor por planta. La edad de los árboles, dependiendo del ensayo, varió entre 4 y 7 años, encontrándose todos en etapa productiva y sin restricciones hídricas ni nutricionales.

A continuación se detallan los experimentos realizados:

Determinación del período durante el día cuando el  $\Psi_x$  es estable. Se evaluó la variación diaria del potencial hídrico xilemático, entre las 07:00 y las 19:00 h. Estas mediciones se realizaron en el período de verano (diciembre-enero) en 11 oportunidades. En forma simultánea se evaluó el DVP del aire. Cada determinación de potencial hídrico se realizó en cuatro hojas por árbol.

Efecto del DVP máximo en el  $\Psi_{xmin}$ . Durante primavera y verano, en 32 oportunidades se midieron el  $\Psi_{xmin}$  y DVP del aire; se utilizaron cuatro hojas por determinación.

Determinación del tiempo mínimo de equilibrio entre el  $\Psi_h$  y el  $\Psi_{xmin}$ . Se escogieron 28 hojas, las cuales se introdujeron en bolsas cuyo interior era de plástico y exterior de papel aluminio, de manera de bloquear su transpiración. Una vez envueltas, las hojas se dejaron en el árbol durante diferentes tiempos,

los cuales variaron entre 4 y 80 min. Las mediciones se realizaron a mediodía. La primera medición se realizó después de 4 min, para proseguir las mediciones a intervalos entre 2 y 10 min.

Efecto de la ubicación de la hoja en el árbol sobre el  $\Psi_{xmin}$ . En cada árbol se midió el  $\Psi_{xmin}$  en la parte del follaje expuesto a la radiación solar directa y en aquella parte sombreada. Las mediciones se realizaron en una plantación con las hileras en dirección Norte-Sur, de modo que una sola parte recibiera radiación directa.

Efecto de la edad de la hoja en el  $\Psi_{xmin}$ . Se determinó  $\Psi_{xmin}$  en hojas de distintas edades: 1 mes, 4 meses y 10 a 12 meses de edad; se utilizaron 10 hojas de cada edad.

Efecto del tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y la medición en el  $\Psi_{xmin}$ . En este experimento se midió  $\Psi_{xmin}$  a 33 hojas que tenían distinto tiempo entre el corte del árbol y la medición (1 a 27 min). El  $\Psi_{xmin}$  de la primera muestra se midió después de 1 min de haberse cortado, para luego proseguir las mediciones en hojas con mayor tiempo entre el corte y la medición.

Efecto de la conservación de la hoja en condiciones de alta humedad relativa sobre el  $\Psi_{xmin}$ . En este experimento se midió  $\Psi_{xmin}$  en cuatro árboles de palto que se encontraban en distintas condiciones de estrés hídrico. En cada árbol se midió el  $\Psi_{xmin}$  a cuatro hojas, de las cuales dos se midieron inmediatamente después de cortadas del árbol, y las restantes después de 1 h de ser separadas de la planta y mantenidas en una caja de PVC aislada térmicamente y con hielo en el interior, de manera de tener una humedad relativa (HR) cercana a 100% según mediciones realizadas.

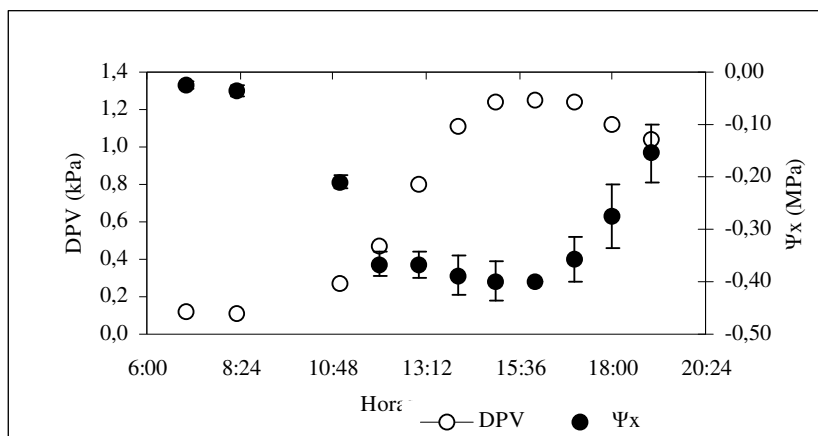
El  $\Psi_{xmin}$  en los distintos ensayos se midió, en días con sol, entre 13:00 y 16:00 h, utilizando una cámara de presión (Soil Moisture Equipment Corp., Modelo CHANGE C, Santa Bárbara, California, USA), de acuerdo a la metodología descrita por (McCutchan y Shackel, 1992). Las hojas medidas se encontraban en brotes de condiciones homogéneas en cuanto a exposición (cara expuesta al sol), edad y altura (1,5 m del suelo).

El DVP se determinó cada 15 min, durante las mediciones de  $\Psi_{xmin}$ , con un psicrómetro ventilado (Fuese, Modelo G-5069, Berlín, Alemania) el cual medía la temperatura del aire y la humedad relativa.

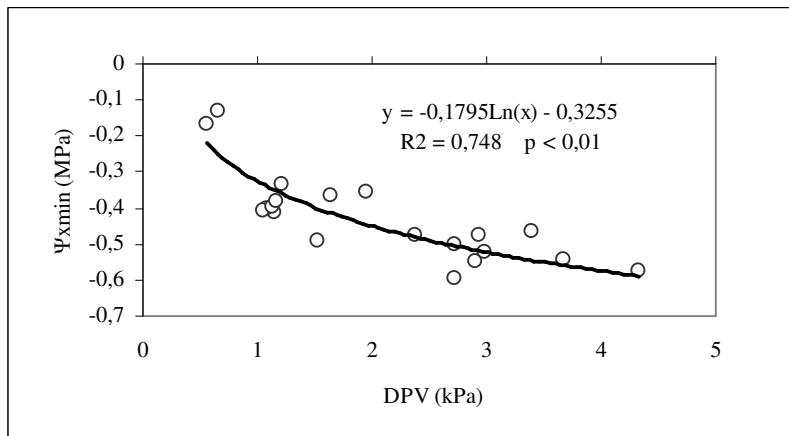
Se realizaron análisis de regresiones usando PROCREG del programa de análisis estadístico SAS (SAS, 1989).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del período durante el día cuando el  $\Psi_x$  es estable y efecto del DPV máximo en el  $\Psi_{x\min}$ . Para las condiciones climáticas de Quillota, el  $\Psi_x$  en el palto presenta valores muy similares, sin diferencias significativas, entre las 12:30 y 17:30 h (Figura 1). Durante este período los valores diarios medidos fueron los mínimos, fluctuando entre -0,36 y -0,40 MPa, con un promedio de -0,38 MPa. A mediodía, las variaciones en el DPV del aire tienen poco efecto sobre el  $\Psi_{x\min}$  (Figura 2). El  $\Psi_{x\min}$  fluctúa entre -0,40 y -0,50 MPa (variación del 20%) para DVP que oscila entre 1,5 y 3,0 KPa respectivamente (variación del 50%).



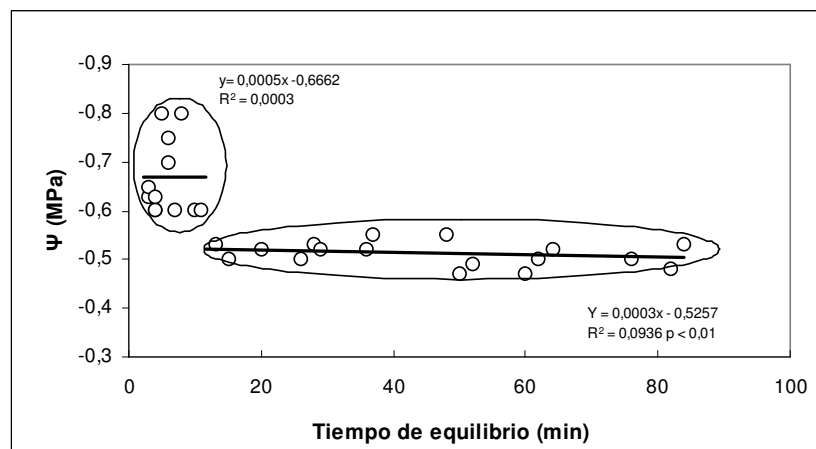
**Figura 1. Efecto del déficit de presión de vapor (DVP) durante el día sobre el potencial hídrico xilemático ( $\Psi_x$ ).** Las barras verticales representan la desviación estándar.



**Figura 2. Efecto del déficit de presión de vapor (DVP) sobre el potencial hídrico xilemático a mediodía ( $\Psi_{x\min}$ ).**

De estos resultados se puede inferir que durante el verano se disponen de 5 h en el día (12:30 a 17:30 h) para medir el  $\Psi_{x\min}$  con fines de control del riego, y que en paltos creciendo sin restricción hídrica este valor varía entre -0,4 y -0,5 MPa.

Determinación del tiempo mínimo de equilibrio para la determinación del  $\Psi_x$ . El  $\Psi_h$  se equilibra con el  $\Psi_x$  después de 15 min de haberse bloqueado la transpiración al introducir la hoja en bolsas cuyo interior era de plástico y exterior de papel aluminio (Figura 3), lo cual coincide con los datos reportados por Fulton *et al.* (2001). Esto indicaría que se puede medir el  $\Psi_x$  en hojas de paltos después de 15 min de bloqueada la transpiración en las hojas a medir. Además, en la Figura 3 se puede observar que los valores de potencial hídrico medidos recién cubiertas las hojas ( $\Psi_h$ ) presentan una mayor variación (-0,6 a -0,8 MPa) que los potenciales evaluados después de 15 min (-0,47 a -0,55 MPa), lo que concuerda con lo reportado por Shackel *et al.* (1997) que indican que el  $\Psi_h$  es más variable que el  $\Psi_x$ .



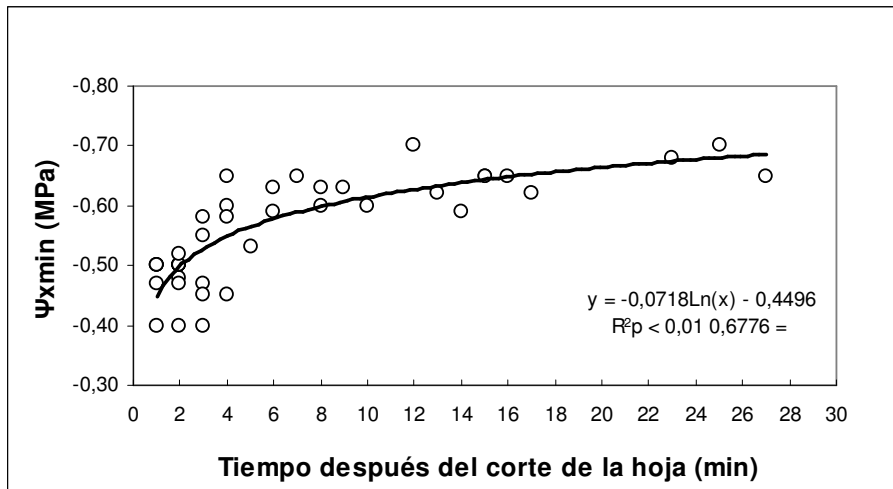
**Figura 3. Efecto del tiempo de equilibrio en el potencial hídrico ( $\Psi$ ) a mediodía bajo condiciones de campo.**

Efecto de la ubicación de la hoja en el árbol en el  $\Psi_{x\min}$ . Las hojas en el árbol expuestas al sol presentaron  $\Psi_{x\min}$  más negativos (-0,52 MPa), que las hojas medidas de la cara expuesta a la sombra (-0,40 MPa), aunque se bloqueó la transpiración de éstas antes de ser cortadas de la planta. La desviación estándar (DS) de las mediciones fue baja. Las hojas expuestas al sol presentaron DS de 0,065 MPa y las de la cara expuesta a la sombra DS de 0,018 MPa (Datos no mostrados).

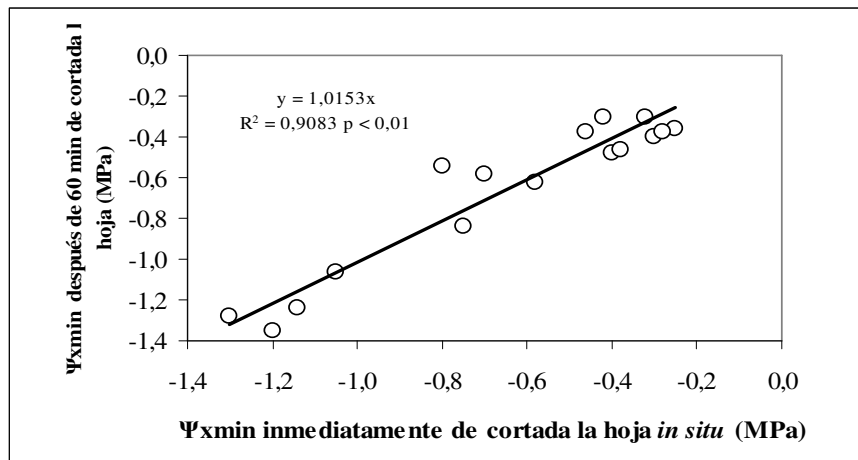
Efecto de la edad de la hoja en la variación del  $\Psi_{x\min}$ . Las determinaciones en hojas de 1 mes presentaron  $\Psi_{x\min}$  promedio de -0,55 MPa y una DS de 0,12 MPa; en hojas de 4 meses el  $\Psi_{x\min}$  fue de -0,52 MPa, con una DS de 0,13 MPa, y en hojas de 10 a 12 meses el  $\Psi_{x\min}$  fue de -0,49 MPa con una DS de 0,1 MPa. Las hojas más jóvenes presentan un potencial 0,06 MPa más bajo que las hojas más adultas y una mayor DS. El  $\Psi_x$  presenta menor variación al ser medido en hojas de 10 a 12 meses. Esto se debería a que las hojas nuevas pueden ser afectadas por la presión que ejerce la goma de la cámara de presión sobre el pecíolo de la hoja, retrasando la aparición de la savia en el xilema. Una variación de 0,06 MPa puede ser importante en el control del riego, según datos reportados por Lampinen (2004), donde indica que el nogal presenta  $\Psi_x$  entre -

0,3 y -0,5 MPa cuando está sin restricción hídrica, y debiera regarse cuando disminuye este valor en -0,2 ó -0,3 MPa.

Efecto del tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y la medición en el  $\Psi_{xmin}$  y efecto de la conservación de la hoja en condiciones de alta humedad relativa sobre el  $\Psi_{xmin}$ . El tiempo que transcurre entre el corte de la hoja y la medición es una variable que afecta la determinación del  $\Psi_x$  (Figura 4). Si la medición se realiza cuando ha pasado más de 1 min de cortada la hoja, los valores medidos son menores a los reales, producto de la deshidratación de la hoja, y no reflejan el estado hídrico real del brote. Sin embargo, este trabajo muestra datos que permitirían aumentar el tiempo entre el corte de la hoja y la medición del potencial, si las hojas son cortadas e inmediatamente guardadas en una caja de PVC aislada térmicamente con humedad relativa cercana al 100%. El  $\Psi_x$  en hojas de un mismo árbol medidas inmediatamente luego de cortadas y otras después de 60 min de almacenamiento en condiciones de oscuridad, con 100% HR y 5°C, muestra valores similares (Figura 5). El uso de esta metodología para medir el  $\Psi_x$  es factible de implementar, pero requeriría medir un mayor número de hojas por árbol, ya que aumenta la variabilidad. Según la metodología para datos continuos descrita por Cochran (1971), el tamaño de la muestra debe ser de tres hojas por planta si las mediciones se realizan inmediatamente de cortadas las hojas, y de seis hojas por planta, para evaluaciones después de 60 min de almacenamiento en condiciones de alta humedad relativa.



**Figura 4. Efecto del tiempo transcurrido entre corte y la medición de la hoja, sobre el potencial hídrico xilemático ( $\Psi_{xmin}$ ) a mediodía, bajo condiciones de campo.**



**Figura 5. Efecto de la conservación de la hoja en condiciones de alta humedad relativa sobre el potencial hídrico xilemático ( $\Psi_{x\min}$ ).**

#### 4. CONCLUSIONES

El presente estudio permite concluir lo siguiente:

- Los valores de  $\Psi_x$  medidos a mediodía en el palto son estables entre las 12:30 y 17:30 h, lo que permite disponer de 5 h para realizar mediciones de  $\Psi_{x\min}$ .
- Los paltos sin restricción hídrica presentan valores  $\Psi_{x\min}$  de entre -0,40 y -0,50 MPa, para valores de DVP de entre 1,4 y 3,0 KPa, respectivamente.
- En las hojas de palto el equilibrio del  $\Psi_x$  se logra a los 15 min de introducir la hoja en bolsas cuyo interior es de plástico y exterior de papel aluminio
- En condiciones de campo, el potencial hídrico debe ser medido en un lapso no superior a 1 min después de cortar la hoja.
- El tiempo que trascorra entre el corte de la hoja y la medición del potencial hídrico en la cámara de presión puede ser aumentado hasta 60 min, al mantener las hojas en una caja de PVC aislada térmicamente y con alta humedad relativa.
- Las hojas que presentan la menor variabilidad son las de 10 a 12 meses de edad, expuestas al sol. Las hojas expuestas al sol presentan valores de  $\Psi_x$  más negativos, que las hojas de la cara expuesta a la sombra, aun cuando se haya bloqueado previamente su transpiración.

## 5. REFERENCIAS

Ameglio, T., P. Archer, M. Cohen, C. Valancogne, F. Daudet, and P. Cruiziat. 1999. Significance and limits in the use of predawn leaf water potential for tree irrigation. *Plant Soil* 207:155-167.

Boyer, J.S. 1995. Measuring the water status of plants and soils. 178 p. Academic Press, San Diego, California, USA

Cochran, W.G. 1971. Técnica de muestreo. 507 p. Compañía Ed. Continental S.A., México.

Fereres, E., and D. Goldhamer. 1990. Deciduous fruit and nut trees. Monograph Nº 30. p. 987-1017. In Steward, B.A., and Nielsen, D.R. (eds.). Irrigation of agricultural crops. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Ferreira, R., V. Selles, y G. Lemus. 2002. Efecto del estrés hídrico durante la fase II del crecimiento del fruto del duraznero cv. Kakamas en el rendimiento y estado hídrico de las plantas. *Agric. Téc. (Chile)* 62:565-573.

Ferreira, R., V. Selles, J. Peralta, and J. Valenzuela. 2004. Effect of water stress applied at different development periods of Cabernet Sauvignon grapevine on production and wine quality. *Acta Hortic.* 646:27-33.

Fulton, A., R. Buchner, B. Olson, L. Schwankl, C. Gilles, N. Betagna et al. 2001. Rapid equilibration of leaf and stem water potential under field conditions in almonds, walnuts, and prunes. *HortTechnology* 11:609-615.

Garnier, E., and A. Berger. 1985. Testing water potential in peach trees as an indicator of water stress. *J. Hortic. Sci.* 60:47-56.

Garnier, E., and A. Berger. 1987. The influence of drought on stomatal conductance and water potential on peach trees growing in the field. *Sci. Hortic.* 32:249-263.

Lampinen, B.D. 2004. Walnut production and orchard management in California. 9 p. Seminario Internacional El Nogal y otros Frutos de Nuez, falta lugar. 17 al 19 agosto 2004. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.

McCutchan, H., and K.A. Shackel. 1992. SWP as a sensitive indicator of water stress in prune trees (*Prunus domestica* L. cv. French). *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 117:607-611.

Nagera, F. 2006 Caracterización de suelos alcalinos cultivados con paltos (*Persea americana* Mill.) en la V Región de Chile y aplicación de ácido sulfúrico como corrector de pH. 41 p. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile.

Naor, A. 1998. Relationships between leaf and stem water potential and stomatal conductance in three field-grown woody species. *J. Hortic. Sci.* 73:431-436.

Naor, A., I. Klein, and I. Doron. 1995. Stem water potential and apple fruit size. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 120:577- 582.

Naor, A., and M. Peres. 2001. Pressure increase rate affects the accuracy of stem water potential measurements in deciduous trees using the pressure chamber technique. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 76:661-663.

Olien, W.C., and A.N. Lakso. 1986. Effect of rootstock on apple (*Malus domestica*) tree water relations. *Physiol. Plant.* 67:421-430.

SAS Institute. 1989. SAS User's guide. Versión 8. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.

Shackel, K.A., H. Ahmadi, W. Biasi, R. Buchner, D. Goldhamer, S. Gurusinghe et al. 1997. Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees. *HortTechnology* 7:23-29

Whiley, A.W., K.R. Chapman, and J.B. Saranah. 1988a. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte during flowering. *Aust. J. Agric. Res.* 39:457-467.

Whiley, A.W., J.B. Saranah, B.W. Cull, and K.G. Pegg. 1988b. Manage avocado tree growth cycles for productivity gains. *Queensland Agric. J.* 114:29-36.

Williams, L.E., and F.J. Araujo. 2002. Correlation among predawn leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil plant water status in *Vitis vinifera*. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 127 :448-454.

Wolstenholme, B. 1986. Energy costs of fruiting as a yield-limiting factor with special reference to avocado. *Acta Hortic.* 175:121-126.