

# Potencial del agua en hojas de durazneros (*Prunus persica*, Batsch) como criterio para determinar frecuencia de riego<sup>1</sup>

Edmundo Acevedo H.<sup>2</sup>, Norbert Fritsch F.<sup>3</sup> y Kyoto Uriu<sup>4</sup>

## INTRODUCCION

Las condiciones hídricas de una planta están determinadas esencialmente por dos factores: el contenido o potencial del agua en el suelo y las pérdidas de agua al ambiente externo a través del proceso de transpiración. En otros términos, el estado hídrico está dado por el balance entre agua absorbida y transpirada.

El agua afecta de una forma u otra todos los procesos fisiológicos de la planta (Slatyer, R. O., 1967) (Vaadia, Y., Raney, F. C. y Hagan, R. M., 1961), siendo el estado hídrico de ésta el que ejerce su influencia directa. Existen diferentes formas en que se puede caracterizar el estado hídrico de las plantas, de acuerdo a lo que se desee medir: contenido de agua o energía del agua (Kozlowski, T. T., 1964) (Slatyer, R. O., 1967). Desde el punto de vista de los procesos fisiológicos no interesa tanto el contenido de agua como el potencial hídrico, aun cuando ambos están relacionados.

El potencial del agua en la planta, además de ser un buen parámetro para medir el estado hídrico de ésta (Barrs, H. D., 1968), establece un criterio que se puede generalizar para diferentes condiciones climáticas y de suelos y permite integrar el suelo y la planta desde un punto de vista hídrico. Los niveles de energía son perfectamente comparables, contrariamente a lo que sucede con valores de contenido de humedad. Se debe recordar, por otra parte, que la absorción de agua por las plantas se produce en respuesta a gradientes de energía entre el suelo, la planta y la atmósfera.

Un criterio común para determinar las fechas de riego es el nivel de energía del agua

en el suelo (Uriu, K. *et al.*, 1964), para lo que se utilizan tensiómetros, que miden el potencial del agua ocasionado por la matriz del suelo en un punto determinado (normalmente los tensiómetros se ubican a la profundidad del suelo en que se encuentra la mayor actividad radical). Al usar tensiómetros con el propósito mencionado, se asume que el potencial debido a solutos (presión osmótica del suelo) es de poca importancia relativa, suposición que es válida para suelos no salinos. En suelos aluviales delgados, sin embargo, el empleo de tensiómetros se ve limitado a la profundidad del suelo libre de gravas, debido a problemas físicos de ubicación y de contacto entre el suelo y la cápsula del tensiómetro.

En la zona central de Chile existen numerosos huertos de durazneros ubicados en suelos de profundidad delgada y media (30-60 cm), en que el uso de tensiómetros está limitado por las razones dadas anteriormente. Para estos casos y con fines de establecer una frecuencia y tiempo de riego adecuados para mantener un estado hídrico en la planta que sea óptimo para su crecimiento y desarrollo, el potencial del agua en la planta parece ser un buen parámetro a medir. El presente trabajo ha tenido como fin conocer los niveles de variación en el potencial del agua en la planta, en un huerto de durazneros en la provincia de Santiago.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en un huerto de durazneros del predio "Paquerai", ubicado en la provincia de Santiago, comuna de San Bernardo.

### Suelo

El suelo ha derivado de sedimentos aluviales del río Maipo; es un suelo estratificado, profundo, que tiene una textura francoarenosa fina en la superficie, de un color pardo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro en húmedo. En profundidad, los cambios tex-

<sup>1</sup>Trabajo efectuado en el Depto. de Prod. Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.

Recepción originales: 24 de julio de 1972.

<sup>2</sup>Ing. Agr., M. S., Profesor de Relaciones Suelo-Agua-Planta, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

<sup>3</sup>Ing. Agr., M. S., Profesor de Riego, Facultad Agronomía, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

<sup>4</sup>Pomologist, Ph. D., Profesor de Pomología, Dpt. of Pomology, University of California Davis, U.S.A.

turales son graduales, presentándose estratas de texturas franco arenosa fina, franco arcillo arenosa, franco arcillo arenosa fina, de colores pardo en húmedo. Al metro veinte (1,2 m) aparece un substratum aluvial constituido por piedras redondeadas de diferentes tamaños, y arenas. El suelo presentó una reacción fuerte al HCl en todo el perfil, la que se hace violenta en la estrata subyacente al substratum. A partir de los 50 cm y en profundidad se observó precipitación de  $\text{CaCO}_3$ . En general, es un suelo de buena permeabilidad, de topografía plana sin problemas de erosión ni drenaje.

### Clima

El clima del área es templado con estación seca prolongada (6-8 meses). Durante el período de realización del trabajo se registraron los siguientes datos de temperatura y humedad relativa<sup>1</sup>. Cada valor corresponde al promedio mensual de lecturas realizadas a la hora que se indica.

	Enero			Febrero		
	8 hrs.	14 hrs.	19 hrs.	8 hrs.	14 hrs.	19 hrs.
Temperatura (°C)	15,2	27,3	26,4	11,9	26,9	26,2
Humedad relativa (%)	82,2	51,1	50,8	87,3	51,4	49,8

<sup>1</sup>Los datos meteorológicos fueron proporcionados por la Estación Agrometeorológica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, ubicada en la Estación Experimental La Platina, a 15 Km del lugar en que se realizó el trabajo.

Durante los meses de enero y febrero no se registraron precipitaciones. Los valores medios extremos de temperatura y el promedio diario de horas de sol fueron los siguientes:

	Enero	Febrero
Temperatura mínima media, °C	11,5	10,0
Temperatura máxima media, °C	29,5	28,9
Horas de sol (media diaria)	10,9	11,4

### Planta

El huerto en que se realizó el trabajo está plantado con nectarines de la variedad Incomparable. Los árboles tienen nueve años y están plantados a  $5 \times 5$  m. El manejo del huerto y el estado sanitario de los árboles se consideró bueno; el vigor y producción de los árboles fue excelente, presentando buenas

condiciones nutricionales a juzgar por la ausencia de síntomas de deficiencia y toxicidad y por los valores de análisis foliar (Razeto, B., 1972, no publicado) realizados en el mes de enero y que se indican a continuación:

Macroelemento	%
Nitrógeno	3,0
Fósforo	0,15
Potasio	2,9

En el huerto se seleccionó una unidad experimental constituida por nueve árboles. En esta unidad se diseñó un sistema de riego de franjas en contorno, a fin de mojar el suelo con cada riego en la forma más uniforme posible. Se ubicaron tensiómetros a 60 cm de profundidad y se regó con agua suficiente como para mojar 1 m de profundidad de suelo cada vez que los tensiómetros indicaban una lectura de 70 centibares (cb). Se aseguró de esta forma un suministro de agua adecuado a las plantas por parte del suelo.

Dentro de la unidad experimental se seleccionaron cuatro árboles en los que se determinó el potencial del agua en las hojas utilizando el método propuesto por Scholander, P. F. *et al.* (1965). Las determinaciones se realizaron temprano, en la mañana, entre las 7:45 y 8:15 horas a intervalos que fluctuaron entre tres y cuatro días. Se realizaron además algunas determinaciones entre las 14:30 y 15:00 horas, tiempo en que la demanda por evapotranspiración se estimó como máxima. En cada determinación se midió el potencial del agua en cuatro hojas por cada árbol seleccionado. Se eligieron hojas maduras del tercio medio de la ramilla, muestreando siempre aquellas que no estuvieron expuestas a la acción directa del sol.

La presión en la bomba de Scholander se dio con nitrógeno, manteniendo una presión de salida del tubo de nitrógeno de 600 lb/pulg<sup>2</sup> y un flujo de gas hacia la bomba que produjera un aumento de presión de 20 lb/pulg<sup>2</sup>/seg.

### RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan los datos de mediciones entre las 7:45 y 8:15 horas. Cada valor de potencial representa el promedio de cuatro hojas por árbol muestreado. Un análisis de varianza realizado para el día en que hubo mayor variación en las mediciones señaló que las muestras no diferían significativamente para  $F = 0,95$ . Este antecedente permite trabajar con el promedio de las mediciones de los cuatro árboles.

Cuadro 1 — Potencial del agua en las hojas expresado en libras por pulgada cuadrada, en función del tiempo (día 0 = 5 de enero de 1972).

Día	Riego	Árbol				Media
		1	2	3	4	
0		-162,0	-173,0	-178,0	-173,0	-171,0
2	Riego					
5		-140,0	-117,5	-122,5	-128,0	-127,0
7		-106,6	-100,0	-106,6	-107,6	-105,0
8		-95,0	-100,0	-97,5	-95,0	-96,8
12		-97,5	-96,6	-93,3	-100,0	-96,8
14		-92,5	-97,5	-95,0	-95,0	-95,0
20		-130,0	-130,0	-123,3	-126,6	-127,4
23		-120,0	-120,0	-123,3	-126,6	-122,5
28		-148,7	-165,0	-160,0	-161,6	-158,8
34		-160,0	-160,0	-157,7	-157,5	-158,7
35	Riego					
37		-120,0	-125,0	-125,0	-123,3	-123,3
40		-97,5	-100,0	-100,0	-98,7	-99,0
43		-101,2	-106,2	-96,2	-110,0	-103,4
48		-107,5	-107,5	-105,0	-112,5	-108,1

Los valores promedio obtenidos de los cuatro árboles, en la mañana y en la tarde, aparecen en función del tiempo (días) en la Figura 1.

Los datos de potencial del agua en la planta se expresan en unidades de presión, lo que es válido por cuanto correspondé a energía

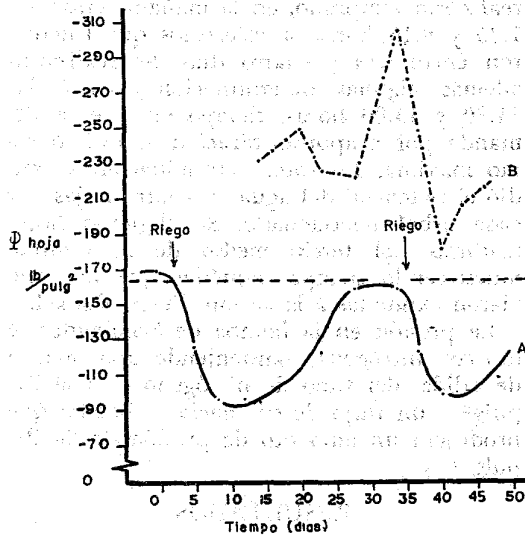


Figura 1 — Potencial del agua en las hojas ( $\Psi$  hoja) expresado en libras por pulgada cuadrada, en función del tiempo (día 0 = 5 de enero de 1972). Los riegos se dieron cuando los tensiómetros marcaban 70 cb. a 60 cm de profundidad. Cada punto es el promedio de 16 lecturas (4 lecturas árboles). Curva A: valores obtenidos entre 7:45 y 8:15 horas. Curva B: valores obtenidos entre 14:30 y 15:00 horas.

por unidad de volumen (Rose, C. W., 1966). Por otro lado, todos los valores son negativos ya que el punto de referencia para la cuantificación del potencial del agua es una fuente de agua pura a presión atmosférica a la altura y temperatura del punto de medición.

El potencial del agua en la planta está determinado por el balance de agua absorbida y agua transpirada, por ello debe esperarse que el potencial varíe a través del día en la medida que cambia la demanda por transpiración. La Figura 2 muestra este hecho. Los

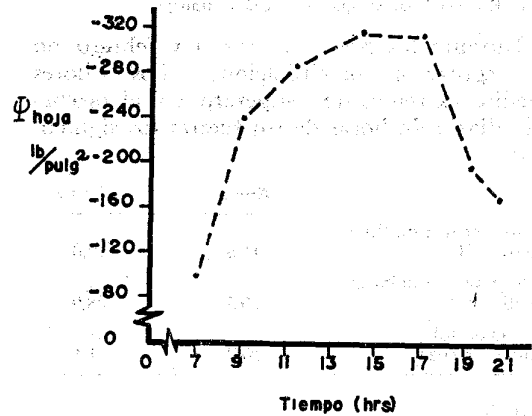


Figura 2 — Variación del potencial del agua en las hojas a través del día. Valores de potencial expresado en libras por pulgada cuadrada. Datos obtenidos en durazneros de la variedad Halford, de cinco años de edad. Fecha: 20 de enero de 1972. Cada punto de la curva es el promedio de 12 lecturas (3 lecturas en 4 árboles).

valores que allí se presentan fueron obtenidos en durazneros de la variedad Halford (Vergara, C., Acevedo E., Fritsch, N., Uriu, K. 1972, no publicado).

### DISCUSION

Los resultados presentados en el Cuadro 1 y Figura 1 (Curva A) indican que el potencial del agua en hojas de duraznero refleja en buena forma las variaciones de disponibilidad de agua para valores de potencial de agua del suelo que se encuentran dentro del rango del tensiómetro, nivel de humedad en que se recomienda regar estos frutales (Uriu, K. *et al.*, 1964).

Para variaciones del potencial métrico de agua en el suelo entre  $-10$  y  $-70$  cb ( $-1.45$  y  $-10.15$  lb/pulg<sup>2</sup>) se encontraron valores de potencial de agua en las hojas que fluctuaron aproximadamente entre  $-95$  y  $-165$  lb/pulg<sup>2</sup> (medidos entre las 7:45 y 8:15 horas). En otros términos, existe una variación de aproximadamente 70 lb/pulg<sup>2</sup> en el potencial del agua en las hojas entre la humedad que tiene el suelo cuando está recientemente regado y aquella humedad a la que es recomendable regar nuevamente. Esta variación indica una buena sensibilidad del método en el rango de humedad a ser utilizado, condición fundamental para su uso.

Debe destacarse que los valores que se dan en este estudio son válidos para flujos de gas que den un aumento promedio de presiones en la bomba de 20 lb/pulg<sup>2</sup>/seg y con presión de entrada de N<sub>2</sub> a la bomba de 600 lb/pulg<sup>2</sup>. Se pudo comprobar que existen variaciones en las determinaciones al cambiar el flujo de gas hacia la bomba.

La hora del día a que se realiza la medición tiene alta influencia en el valor encontrado. Este aspecto aparece claramente indicado en la Figura 2. Los resultados de la curva de variación diaria del potencial de las hojas son la consecuencia de que el estado hídrico de una planta es la resultante del balance entre agua absorbida y transpirada. En la medida que avanza el día desde las primeras horas de la mañana, aumenta la radiación solar lo que produce una disminución de la resistencia de los estomas hasta que éstos se abren completamente (esto se logra con intensidades de luz que fluctúan entre 1000 y 2000 f.c.) produciéndose, además, un aumento de temperatura de las hojas; estos factores incrementan la transpiración. El volumen de agua transpirada es mayor que el de agua absorbida (Slatyer, R.

O., 1967) lo que hace que la planta experimente un déficit hídrico y, en consecuencia, el potencial se haga más negativo.

Lo expuesto anteriormente trae como consecuencia que la hora de medición deba estandarizarse; escogiéndose una hora en condiciones lo más cercanas al equilibrio. Esto sucede temprano en la mañana (durante la noche la transpiración es mínima, los estomas están cerrados), antes de que las plantas se encuentren expuestas a la acción directa del sol. Otra ventaja de la elección de esta hora lo constituye el hecho de que se evita la variación microambiental diaria y su acción sobre el potencial del agua en la planta. Este punto se hace evidente en los datos presentados en la Figura 1. Si se comparan las curvas A y B, se observa que los valores obtenidos entre las 14:00 y 15:00 horas *i.e.* curva B (hora de máxima influencia climática sobre el potencial hídrico), no reflejan en forma clara una disminución gradual del agua del suelo, estando altamente influenciados por las variaciones climáticas diarias. Los valores de un día con otro no serían comparables.

### CONCLUSIONES

Del análisis de los datos presentados se puede concluir que el valor del potencial del agua en las hojas medido con el método de Scholander se presenta como promisorio para determinar la frecuencia de riego en durazneros.

Esta guía para determinar frecuencia de riego parecería ser de extrema utilidad en huertos que crecen en suelos aluviales delgados en los que es muy difícil cuantificar el contenido y energía del agua.

Usando el método de Scholander, en las condiciones definidas en este trabajo, en la determinación del potencial del agua en las hojas de duraznero, se recomienda regar cuando se llegue a valores de aproximadamente  $-165$  lb/pulg<sup>2</sup> medido en hojas recientemente maduras del tercio medio de las ramillas. La medición debe hacerse temprano, en la mañana, antes de que haya incidencia directa de radiación solar. En caso de algún retraso en la medición (10-15 minutos) deben elegirse hojas de la parte más sombreada del árbol.

De acuerdo con las conclusiones anteriores, se sugiere a los especialistas que prueben el método propuesto en la determinación de frecuencias de riego en huertos de durazneros en general y, en especial, en aque-

llos que crecen en suelos aluviales delgados. Realizando las mediciones temprano, en la mañana, probablemente no habrá influencia del clima y debieran ser aplicables los valores que se dan en este trabajo.

En la actualidad se han logrado grandes avances en el uso de psicrometría para determinaciones de potenciales hídricos en

suelo y planta bajo condiciones de terreno (Wiebe, H. H. *et al.*, 1971). Este método presenta ventajas tanto en sencillez como en exactitud en relación al método de Scholander. Su uso es perfectamente posible pero requiere de una calibración previa como la realizada en este trabajo para el método de Scholander.

#### RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el fin de establecer el valor del potencial del agua en hojas de duraznero, al cual es necesario regar. El experimento se realizó en un huerto de nueve años de edad plantado con la variedad Incomparable y ubicado en la provincia de Santiago, comuna de San Bernardo. El suelo es aluvial profundo (1,2 m) y se regó por franjas en contorno cada vez que los tensiómetros, ubicados a 60 cm de profundidad, marcaban 70 cb.

Para la determinación del potencial del agua en las hojas se utilizó el método de Scholander (bomba a presión). Este valor se determinó a intervalos de tres a cuatro días entre las 7:45 y 8:15 horas en hojas completamente maduras ubicadas en el tercio medio de ramillas que estuvieron totalmente sombreadas. También se realizaron algunas mediciones entre las 14:30 y 15:00 horas, en que se estimó existiría la máxima demanda por transpiración.

Los resultados indican que el potencial del agua en hojas de duraznero refleja en buena forma las variaciones de disponibilidad de agua dentro del rango del tensiómetro. Para variaciones del potencial métrico del agua en el suelo entre  $-10$  y  $-70$  cb, se encontraron valores de potencial de agua en las hojas que fluctuaron entre  $-95$  y  $-165$  lb/pulg<sup>2</sup> ( $-665$  y  $-1.138$  cb), medidos entre 7:45 y 8:15 horas. Los valores obtenidos entre 14:30 y 15:00 horas, no mostraron una tendencia clara, probablemente debido a las variaciones microclimáticas diarias.

Se recomienda regar cuando el valor del potencial de agua en la hoja de duraznero, medido con la bomba a presión, temprano en la mañana (7:30 a 8:30 horas), sea del orden de  $-165$  lb/pulg<sup>2</sup>. Este método puede ser de gran utilidad en la determinación de frecuencias de riego, en especial, para huertos plantados en suelos aluviales delgados (30 - 60 cm) en que la cuantificación de la cantidad y/o energía del agua del suelo es en extremo complicada.

#### SUMMARY

The scope of this work was to establish the leaf water potential value at which a peach orchard should be irrigated. A nine years old Incomparable peach orchard was selected in the province of Santiago. The plants growing in a deep alluvial soil (1.2 m), were irrigated by contour basins whenever tensiometers located at 60 cm depth reached 70 cb.

Leaf water potential was measured by Scholander's method (pressure bomb) every three to four days. The measurements were made between 7:45 and 8:15 A. M. in fully mature leaves of the middle of the shoot. Care was taken to select leaves not directly exposed to sunlight. Measurements were also made between 2:30 and 3:00 P. M., considering that at this time of the day the evapotranspiration demand would be at a maximum.

The data obtained show that leaf water potential in peach leaves is a good index for changes in available moisture within the tensiometer range. Changes in soil water potential (matric) from  $-10$  to  $-70$  cb induced a decrease in leaf water potential from  $-95$  to  $-165$  p.s.i. ( $-665$  to  $-1.138$  cb) measured between 7:45 and 8:15 A. M. Values obtained between 2:30 and 3:00 P. M. did not show a clear trend, probably due to daily microclimatic variations.

It is recommended to irrigate peach orchards when leaf water potential, measured early in the morning (7:30 - 8:30 A. M.) with the pressure bomb, reaches

values around  $-165$  p.s.i. The method could be highly useful to establish irrigation frequency, specially in those orchards growing in shallow alluvial soils (30 — 60 cm) where the quantification of soil water content and/or soil water energy status is extremely difficult.

#### LITERATURA CITADA

- BARRS, H. D. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. In Kozlowski, T. T. (Ed.), Water deficits and Plant Growth. N. York. pp. 236-347.
- KOZLOWSKI, T. T. 1964. Water metabolism in plants. Harper & Row. N. York. 227 p.
- ROSE, C. W. 1966. Agricultural Physics. Pergamon Press, London. 226 p.
- SCHOLANDER, P. F., HAMMEL, H. T., BRADSTREET, E. D. and HEMMINGSEN, E. A. 1965. Sap pressure in vascular plants. Science. 148: 339.
- SLATYER, R. O. 1967. Plant-water relationships. Acad. Press, London - N. York. 366 p.
- URIU, K., WERENFELS, L., POST, G., RETAN, A. and FOX, D. 1964. Cling peach irrigation. California Agriculture. 18 (7): 10-11.
- VAADIA, Y., RANEY, F. C. and HAGAN, R. M. 1961. Plant water deficits and physiological processes. Am. Rev. Plant Physiol. 12: 265-292.
- WIEBE, H. H., CAMPBELL, G. S., GARDNER, W. H., RAWLINS, S. L., CARY, J. W. and BROWN, R. W. 1971. Measurement of plant and soil water status. Utah State Univ. Bull. 484. 71 p.