

## **EVALUACION DEL POTENCIAL HIDRICO DEL TALLO AL MEDIO DIA COMO INDICADOR DE LA OPORTUNIDAD DE RIEGO EN FRUTALES DE HOJA CADUCA**

**Riveros, Jorge O. <sup>(1)</sup>; Vallone, Rosana <sup>(2)</sup>; Weibel, Antonio <sup>(3)</sup>; Alberto, Marcelo <sup>(2)</sup> y Morábito, José <sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup>Tesista Maestría Riego y Drenaje, UNCuyo; <sup>(2)</sup> Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo; <sup>(3)</sup> E.E.A INTA Junín; <sup>(4)</sup> Instituto Nacional del Agua (INA) Mendoza  
Ituzaingo 777, Junín (C.P. 5572), Mendoza. Tel. 02623-426429. e-mail ingrivers@sanmartinmza.com.ar.

### **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo fue evaluar si el potencial hídrico del tallo medido a medio día es un indicador sensible del estrés hídrico en frutales, y su potencialidad para determinar momento oportuno de riego. Se trabajó en una parcela de duraznero cv. Elegant Lady con microaspersión, ubicada en Junín, Mendoza, Argentina, durante 2002/03. Se evaluaron tres tratamientos de riego: en T1 se repuso 100 % de ETc; en T2 y T3 70 % y 40% de ETc respectivamente. El diseño fue de bloques al azar con 4 repeticiones. Las mediciones realizadas semanalmente previo a cosecha fueron: humedad y succión matriz del suelo y Potencial Hídrico del Tallo al medio día (PTM) Al momento de cosecha fue medido el rendimiento y sus componentes y atributos de calidad de los frutos.

El estrés hídrico establecido durante el ciclo de cultivo (ya sea al 40 % o 70 % de ETc) afectó la calidad de la fruta, especialmente calibre (67,1 mm en T1 a 64,5 y 62,7 mm para T2 y T3 respectivamente) y peso de fruto (153 g T1, vs 137 y 129 g para T2 y T3); disminuyó 21 % el rendimiento aunque sin diferencias significativas. Sólo un 20 % de la fruta tuvo calidad exportable tras la aplicación de 40 % de ETc. La firmeza de pulpa fue mayor en el tratamiento con 70 % de ETc. La humedad del suelo fue similar para T1 y T2 en los primeros 60 cm de profundidad, mientras que entre los 60 a 90 cm T1 fue mayor que T2 y T3, quienes no se diferenciaron entre sí. El PTM diferenció significativamente los tres tratamientos, siendo en promedio para T1 -0.74 MPa, T2 -0.93 MPa y T3 -1.08 MPa. Se concluye que es posible utilizar PTM como indicador del momento oportuno de riego en frutales de hoja caduca; restricciones hídricas en este cv entre 40 y 70% de ETc, afectan el calibre de fruto y la calidad exportable. Además surgieron valores de potencial hídrico del tallo al medio día que se pueden correlacionar con rendimiento y atributos de calidad de los frutos.

**Palabras clave:** Potencial hídrico del tallo, riego, duraznero, rendimiento y calidad.

## INTRODUCCION

La agricultura en regiones desérticas está principalmente sustentada por la disponibilidad de agua de calidad aceptable para riego, pero el desarrollo de estas amplias áreas, con un importante incremento en sus poblaciones y de la actividad industrial, han hecho que este preciado recurso natural esté cada vez menos disponible para la agricultura, surgiendo nuevas tecnologías en su aplicación (riego presurizado) e incremento de las distintas eficiencias (impermeabilización de canales, acequias, entubados, nivelaciones, etc), Por otro lado, la presencia de perforaciones hacen cada vez más independiente la decisión técnica de regar, en contraposición con el obsoleto sistema de turnado fijo, que no tiene en cuenta la evapotranspiración de los cultivos y la capacidad almacenadora de los suelos. Dentro de la trilogía básica del “cuándo”, “cuánto” y “cómo regar”, el “cuándo” debería ser fijado por criterios objetivos de rápida y sencilla concreción, lo que dependerán del cultivo en cuestión, del suelo y del conjunto de factores técnicos –económicos involucrados.

La provincia de Mendoza posee una superficie plantada con frutales de 84.386 has; el cultivo del Duraznero ocupa el primer lugar con 20.531 has (24,3%), seguida por el cultivo del ciruelo 20.355 has (24,12 %), el olivo 13.682 has (16,21 %) y el manzano 11.263 has (13,35 %). A partir del año 2002 con la derogación de la ley de convertibilidad, y la liberación de la paridad cambiaria entre el dólar y el peso Argentino, hubo un importante cambio de escenario, en el cual la devaluación de la moneda Argentina (prácticamente tres veces), provocó que los productos primarios (entre ellos los duraznos) tuvieran la posibilidad de ser exportados a distintos mercados del mundo, pero esta posibilidad también nos obliga a competir en el mercado mundial con calidad, contra nuestros principales competidores Chile, Sudáfrica y Australia, que ya han logrado una importante presencia en los mercados.

La reglamentación vigente en la República Argentina permite comercializar duraznos y nectarines, sólo con calibres mayores de 50 mm, esto es para variedades que maduren del 25 de noviembre en adelante (según: Código Alimentario Argentino, art. 136). La reglamentación vigente en Europa clasifica los calibres de duraznos y nectarines y establece diferentes categorías (Tabla 1).

**Tabla 1. Categorías de diámetros de frutos en duraznos y nectarines para la Comunidad Económica Europea.**

<i>Diámetros en milímetros</i>	<i>Identificación del calibre</i>
90 y más	AAAA
80 a 90	AAA
73 a 80	AA
67 a 73	A
61 a 67	B
56 a 61	C
51 a 56	D

(Fuente de información de Diario oficial de las Comunidades Europeas, Disposiciones Relativas al Calibrado, 1993)

Las empresas exportadoras argentinas de duraznos y nectarines, exportan a Europa todos aquellos calibres superiores a 67 mm..

El calibre de frutos en nectarines, es el mayor criterio de calidad (Naor et al, 1999, 2001), el peso fresco del fruto disminuye con el incremento de la carga de fruta (N° de frutos por planta) (Berman y Dejong, 1996) probablemente por la limitada disponibilidad de asimilados, a pesar del aumento de la tasa de asimilación de dióxido de Carbono y la conductancia del vapor de agua de la hoja cuando se lo comparó con plantas a la que se le había extraído los frutos (Dejong, 1986). El déficit de agua es otro factor que afecta el peso del fruto; ambos factores juegan un papel principal ya que a medida que se incrementa la carga de fruta en el árbol y aumenta el déficit hídrico en la planta los frutos poseen menor peso (Berman y Dejong, 1996). Es de gran interés optimizar el número de frutos por planta al momento del raleo y mantener un nivel hídrico en la planta durante las diferentes fases de crecimiento de frutos, para obtener el máximo número de frutos con calibre grande.

En el duraznero se pueden diferenciar tres fases en el crecimiento del fruto. La fase I se inicia con el desarrollo de la flor plena y culmina con el inicio del endurecimiento del carozo, y se caracteriza por corresponder a un período de intensa división celular. La fase II presenta un marcado desarrollo del embrión, lo que limita el desarrollo del fruto, y termina con el endurecimiento del carozo. La fase III se inicia una vez que se ha endurecido por completo el carozo, y se caracteriza por una marcada elongación celular.

Según T. Dejong (1989) la tasa de acumulación de peso seco del fruto (mg/días grados) aumenta exponencialmente durante la fase I hasta que sucede un cambio y la tasa de acumulación se hace constante o disminuye, es aquí donde el fruto se encuentra en la fase II, los días grados necesarios para salir de esta fase dependen entre otras cosas del cultivar, tal es así que cultivares temprano necesitan pocos días grados y cultivares tardíos necesitan muchos días grados, a partir de aquí se produce otro incremento en la tasa de acumulación de peso seco en el fruto, retomando el crecimiento exponencial característico de la fase III y que culmina con la cosecha.

Las plantas frutales responden en forma diferente a un déficit de riego, dependiendo de la fase de crecimiento del fruto (Li, 1989).

El estrés hídrico producido en las fases I y II provocó disminución en la conductancia estomática, pero fue fotosintéticamente más eficiente en el uso del agua, mostrando solo una disminución del 8% en el crecimiento del diámetro del tronco (estadísticamente significativo) comparando con el control (Girona, 1993). El peso de fruto y los kg. por plantas, en durazneros que fueron sometidas a estrés hídrico en la fase I y II no tuvieron diferencias significativas con el tratamiento control que no tuvo restricción (Chalmers, 1981; Li 1989). El estrés hídrico aplicado en la fase II del crecimiento del fruto, disminuyó la conductancia estomática, la transpiración y el potencial agua xilemático al medio día, pero no afectó el rendimiento de frutos por hectárea, aunque disminuyó el diámetro del tronco a largo plazo (Ferreyra, 2001). Li (1989), encontró que un estrés hídrico en esta fase del crecimiento del fruto tampoco tuvo diferencia en el rendimiento (kg pta<sup>-1</sup>) y en peso final del fruto, aunque si observó que el largo de brindilla disminuyó, sobre todo en la primera fase de crecimiento de fruto. Además una deficiencia de agua en este estado donde el fruto no crece pero si lo hace los brotes de la planta, provocó un aumento del tamaño del fruto y de los rendimientos, esto es debido a que la energía de la planta se canalizó hacia la fruta en desmedro del vigoroso crecimiento vegetativo que ocurre en esa etapa de crecimiento de fruto (Chalmers, 1981). El estrés hídrico en la tercera fase de crecimiento provocó una disminución de potencial agua xilemático al medio día, menor tasa de asimilación de dióxido de carbono y menor peso del fruto (Berman, y Dejong 1996), Li, 1989, encontró que el peso del fruto disminuyó respecto al control cuando se aplicó una deficiencia en esta etapa.

Trabajos realizados en Duraznero cv. O'Henry con diferenciales regímenes de riego durante las últimas cuatro semanas antes de cosecha (tercera fase de crecimiento de fruto) demostraron que los frutos presentaron menores pesos y mayores sólidos solubles, para el tratamiento con reposición de 50 % de Evapotranspiración de cultivo. Los rendimientos, la firmeza de la pulpa, porcentaje de superficie roja, acidez y el pH no se vieron alterados a la cosecha por ninguno de estos regímenes de riego en 1990 o 1991 (Crisosto 1996). También se observó que el estrés en la última fase del crecimiento del fruto en duraznero, incremento los sólidos solubles cuando se comparo frutos de la misma categoría (Besset, 2001).

El riego evita el estrés hídrico de la planta, es una práctica obligada en zonas árida de regadío y la necesidad de riego está frecuentemente basada en i) el balance de agua en el suelo usando estimadores de la demanda evaporativa de la atmósfera y del nivel hídrico en el suelo (Campbell y Campbell, 1982) y ii) a través del estado hídrico en la propia planta.

Los dos primeros métodos presentan importantes limitaciones, porque ellas no están directamente relacionadas a la ocurrencia de estrés hídrico en la planta, y por esta razón no puede ser directamente relacionado a los síntomas que reducen la productividad de la planta (McCutchan, 1992). Campbell y Campbell, 1982, encontraron que el momento oportuno de riego dependía de la densidad de raíces en la profundidad explorada y de la tasa de transpiración del cultivo, mientras mayor densidad de raíces en el perfil (10 raíces/cm<sup>2</sup>, en 15 cm de profundidad) y a medida que la planta disminuía la demanda transpiratoria (0,5 cm/día), menor potencial agua del suelo era necesario para comenzar el riego (alrededor de -3 bares), esto significa que la necesidad de regar no fue simplemente relacionado al nivel de humedad en el suelo o a la demanda evapotranspiratoria, sino a una integración de ambas junto con la densidad de raíces que el cultivo cuenta para tomar el agua.

Además las mediciones basadas en el suelo únicamente, pueden exhibir sustancial variabilidad, y por ende en estimaciones imprecisas del agua del suelo al comienzo del riego (Warrick y Nielsen, 1980).

Los métodos basados en evaluar el estado hídrico en la propia planta, son superadores de los anteriores o al menos complementarios. Una importante variable que refleja estado hídrico en una planta es el "potencial agua" (Hsiao, 1990). Mediciones en plantas de ciruela para desecar, basadas en el potencial agua xilemático al medio día, resultaron ser un indicador muy claro y seguro del estado hídrico del suelo (McCutchan y Shackel, 1992).

La mayor ventaja de utilizar el Potencial agua del tallo es que la uniformidad, el tipo de hoja (hoja de dardo, hoja de brindilla), tamaño ó forma de la hoja, y condiciones fisiológicas de la hoja (nivel nutricional), no tienen influencia sobre esa variable (Shackel, 2000). La posición de la hoja dentro de la canopia tiene un pequeño efecto, mostrando un ligero valor más negativo del potencial agua del tallo a medida que se incrementa la distancia desde el sistema radicular (Begg, 1970). Por esta razón la mejor posición de la hoja en la planta, para ser muestreada, es en la parte baja, sombría e interior del árbol (Shackel, 2000).

Para una planta bien irrigada, con un sistema radicular sano, se ha encontrado que las condiciones climáticas pueden ser tomadas en cuenta, usando una tabla de valores esperados de potencial agua del tallo, o línea base para cultivos de ciruelos y almendros, donde se tiene en cuenta la temperatura del aire y la humedad relativa (McCutchan y Shackel, 1992), en todos los casos a mayor temperatura ambiente y menor humedad relativa provoca valores más negativos del

potencial agua del tallo. La relación entre humedad de suelo y potencial agua del tallo es muy precisa, mientras mayor sea la falta de agua en el suelo, más negativo es el valor del potencial agua del tallo. El potencial agua del tallo, expresa indirectamente la sequedad del suelo; luego de un riego por inundación o por aspersión, el potencial agua del tallo debería corresponder a los valores de la línea base; para riego por goteo y por microaspersión, donde el suelo no se moja completamente, el potencial agua del tallo puede permanecer por debajo de la línea base, esto es probable debido a que algunas raíces no están regadas, y áreas de suelo permanecen secas. Pobre sanidad en el sistema radicular causaría valores de potencial agua del tallo más negativos que la línea base, aún bajo condiciones de suelo húmedo. El proceso de absorción de agua por parte de la raíz no está bien entendido, pero algún factor que influye en la sanidad del sistema radicular, tales como daño físico, daño por insectos, microorganismos causantes de diferentes enfermedades ó pobre aireación, probablemente reduciría la habilidad de las raíces a absorber agua, y causaría que el potencial agua del tallo fuera mas negativo.

El objetivo general de este trabajo fue evaluar si el potencial agua del tallo es un indicador sensible del estrés hídrico en Duraznero (*Prunus pérsica*), y si es posible utilizarlo para determinar el momento oportuno de riego. Los objetivos particulares fueron:

- 1) Corroborar para las condiciones locales el requerimiento hídrico de la especie.
- 2) Relacionar las metodologías de estimación de Evapotranspiración potencial a través de la ecuación de Penman-Monteith y del tanque de evaporación tipo "A".
- 3) Evaluar si el estrés hídrico durante las diferentes fases de crecimiento del fruto, afecta los atributos de calidad del fruto en cosecha.

## MATERIALES Y METODOS

### Descripción del sitio y diseño experimental

El experimento fue conducido durante 2002 y 2003 en una parcela experimental en la E.E.A. de INTA Junín, en Mendoza, Argentina, Latitud: 33 ° 09' S, Longitud: 68° 28' W, Altura: 653 metros sobre el nivel del mar. Con precipitación media anual de 216,7 mm (Rigoni, 1971-1980), concentradas principalmente durante primavera-verano, con una temperatura media anual de 15,9° C, siendo la temperatura media del mes más cálido (Enero) 24,1 °C y la del mes más frío (Junio) de 7,4 °C. (Rigoni, 1971-1980).

El cultivo de duraznero (*Prunus persica* var. *Elegant Lady*), de once años de edad, sobre portainjerto de Nemaguard, conducido en vaso tradicional, con un distanciamiento de 5 metros entre hileras y 5 metros entre plantas.

El diseño fue de bloques al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones.

### Tratamientos

- T1 repone el 100 % de la Evapotranspiración de cultivo.
- T2 repone el 70 % de la Evapotranspiración de cultivo.
- T3 repone el 40 % de la Evapotranspiración de cultivo.

La parcela estuvo constituida por tres plantas. La unidad experimental fue la planta la planta central en donde se realizaron las mediciones. Se contó con dos hileras de plantas que fueron borduras y separaron (sentido este-oeste) las siguientes hileras de parcelas. Cada parcela contigua (dirección norte-sur) estuvo separada por dos plantas de borduras.

### **Estudios previos**

Se realizó un muestreo del suelo de cada parcela para la caracterización físico-química inicial del mismo, obtener las curvas de capacidad hídrica y determinar los valores de capacidad de campo y marchitamiento. En campo también se evaluó la resistencia a la penetración con penetrómetro de índice de cono y la velocidad de infiltración del agua en el suelo, con el método del doble anillo. Se abrieron dos calicatas (sector norte y sur de la parcela), en forma de “L” (contemplando la dirección de la hilera y su perpendicular), de 2,5 metros de largo y 1,5 m de profundidad en donde se evaluó el patrón de enraizamiento.

### **Sistema de riego utilizado**

El sistema de riego original fue por inundación, además el primer riego realizado para homogeneizar la humedad en todas las parcela fue por también por inundación (11 de setiembre 2002 con 100 mm). A partir de allí se instaló un sistema de riego por microaspersión, cada parcela estuvo regada por 5 microaspersores, uno en cada planta, más 2 ubicadas entre plantas, el caudal nominal de los microaspersores fue  $30 \text{ L hora}^{-1}$ .

### **Determinación de la humedad del suelo**

Se determinó el contenido de humedad del suelo a través de sonda dieléctrica (marca Troxler) cada 10 cm y hasta los 90 cm y la succión matriz (SM) con bloque de matriz granular (marca Watermark, Irrrometer co) colocados a 50 cm de profundidad, uno por parcela Al igual que las mediciones con la sonda Troxler estas se realizaron semanalmente.

Simultáneamente, con el fin de proceder a la calibración de la sonda de capacitancia, pero también controlar la evolución de la humedad del suelo, se utilizó el método patrón gravimétrico, a partir de muestras extraídas en las proximidades de los sensores en tres profundidades, 0-30 cm, 30-60 cm y 60-90 cm.

### **Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia**

Para la estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia se utilizó la ecuación de Penman-Monteith (FAO, Irrigation and Drainage paper 56) a partir de las variables obtenidas de la estación meteorológica ubicada en la Estación Experimental. También se midió la evaporación diaria en el tanque de evaporación clase “A”, ubicado a 5 m aproximadamente de la estación meteorológica.

### **Mediciones de potencial agua del tallo al medio día**

Fueron realizadas con cámara de Presión (PMS, Instrument, Company) simultáneamente con las mediciones de humedad de suelo por los sensores y extraídas las muestras para obtener humedad por gravimetría.

El horario de muestreo fue al medio día solar, entre las 13:00 horas y las 15:00 horas.

La técnica se ajustó a las indicaciones y recomendaciones sugeridas por Shackel. (2000). Las hojas elegidas permanecieron dentro de una bolsa de plástico recubierta por papel aluminizado durante aproximadamente 1 hora- Se minimizó el tiempo transcurrido entre el corte de la hoja y la medición a un minuto o menos.. Las mediciones se realizaron entre 45 a 60 segundos (0,03 a 0,05 MPa segundo<sup>-1</sup>).

### **Mediciones realizadas en cosecha**

La fecha de cosecha se basó en dos criterios. 1) el de la industria exportadora de fruta fresca, que para esta variedad sugiere una presión en la sutura del fruto de un mínimo de 11 libras (5 kg) y un máximo de 13 libras (6 kg), y un mínimo de cubrimiento de color rojo del 50 % y ii) el de los trabajos de investigación realizados en el Centro de Estudios en Postcosecha de la E.E.A. INTA Mendoza donde para esta variedad, se recomienda cosechar con 85 % de color (Furlani y. Rivero, 1994).

Se determinó el rendimiento y número de frutos por planta. En todos los frutos de la planta central se midió el diámetro ecuatorial a nivel de sutura, con calibre digital con precisión de dos dígitos y el peso de fruto con balanza de precisión de un gramo. Sobre una submuestra de 50 frutos por planta se evaluó el color de cobertura (rojo) a ojo en porcentaje (%) y color de fondo, también a ojo, con una escala arbitraria de 1 (verde), 2 (cambio de color, de verde a amarillo) y 3 (amarillo). De los 50 frutos se tomo otra submuestra de 20 frutos a los que se midió firmeza en cuatro lados del fruto, sutura, opuesto a sutura, y en los sitios restantes del fruto.

### **Análisis estadístico**

Cuando las variables en estudio no se distribuyeron normalmente (comprobado con la observación de Standarized Skewness y Standarized Kurtosis), cuando no se encontró homogeneidad de la varianza, evaluada a través de los tests de Cochran y Bartlett, o cuando además ciertas variables estuvieron expresadas en porcentaje, se justificó la utilización de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para las comparaciones múltiples entre medianas se utilizó la prueba de Wilcoxon (para muestras independientes), de a pares corregida por Bonferroni.

Cuando la variable en estudio cumplió con los supuestos de normalidad y homogeneidad de la varianza, se utilizó el análisis de la varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey (p 0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Análisis físico y químico del suelo

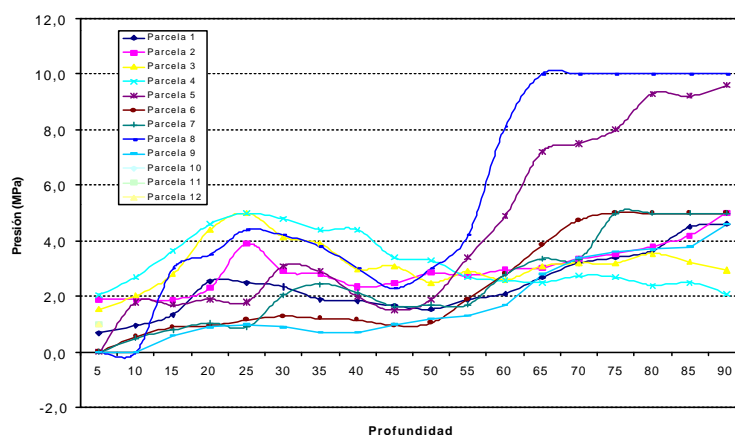
El suelo presentó valores normales de conductividad eléctrica del extracto de saturación, pH en pasta y RAS, por lo que se puede clasificar como suelo no salino, no sódico. El volumen de sedimentación de la mayoría de las parcelas y profundidades correspondió a valores entre 80-93 cm<sup>3</sup>%g, correspondiendo a un suelo de textura franco arenoso de buena permeabilidad (Nijensohn, 1962), pero se presentan también algunas capas arenosas y de textura franca en distintas parcelas (Tabla 2)

**Tabla 2 Análisis físico-químico del suelo de cada parcela bajo ensayo**

Parcela	Prof. (cm)	CE es (dSm <sup>-1</sup> )	pH	RAS	VS cm <sup>3</sup> %g	Calificación Textural	N total [ppm]	P - H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Rel. 1:10 [ppm]	K int AcNH <sub>4</sub> pH 7 [ppm]
1	0-30	3,7	7,5	0,6	92	Franco arenoso	836	18,5	371
	30-60	3,1	7,7	2,1	92	Franco arenoso	436	7,3	195
	60-90	3,9	7,8	1,5	84	Franco arenoso	594	4,2	176
2	0-30	4,4	7,4	2,1	92	Franco arenoso	704	28,8	351
	30-60	2,1	7,6	3,7	76	Arenoso	284	17	133
	60-90	1,5	7,9	3,6	68	Arenoso	128	12,9	109
3	0-30	3,6	7,3	2,2	92	Franco arenoso	1040	38,3	316
	30-60	3,8	7,6	1,7	84	Franco arenoso	402	16,5	179
	60-90	4,4	7,7	2,1	76	Arenoso	212	6,4	137
4	0-30	4,1	7,3	3,1	100	Franco	982	34,6	308
	30-60	3,2	7,6	1,9	92	Franco arenoso	408	14,2	230
	60-90	3,5	7,8	1,7	80	Franco arenoso	212	5,5	183
5	0-30	3,8	7,5	4	92	Franco arenoso	1000	28,3	316
	30-60	1,6	7,8	2,8	80	Franco arenoso	350	5,1	179
	60-90	1,3	7,8	2,1	80	Franco arenoso	202	4,8	164
6	0-30	3,5	7,5	2,2	92	Franco arenoso	920	41	312
	30-60	2,7	7,6	1,9	76	Arenoso	208	19,9	179
	60-90	1,5	7,8	1,9	72	Arenoso	120	10,7	105
7	0-30	3,6	7,4	2,1	96	Franco	698	30,9	304
	30-60	3,1	7,5	1,9	92	Franco arenoso	287	16,7	218
	60-90	2,5	7,8	2,7	84	Franco arenoso	198	8,1	211
8	0-30	3,8	7,4	2,6	80	Franco arenoso	1105	25,3	195
	30-60	2,5	7,4	2,5	96	Franco	589	10,1	199
	60-90	1,5	7,6	2,5	76	Arenoso	256	9,9	207
9	0-30	4,1	7,3	2,2	76	Arenoso	981	31,4	195
	30-60	4,2	7,5	2,3	96	Franco	602	14,8	277
	60-90	4,5	7,8	1,8	84	Franco arenoso	356	7,2	207
10	0-30	3,9	7,5	2,1	92	Franco arenoso	942	25,8	285
	30-60	3,5	7,6	2,0	80	Franco arenoso	508	14,1	218
	60-90	3,1	7,8	1,4	76	Arenoso	252	6,9	179
11	0-30	3,2	7,4	2,3	76	Arenoso	796	20,4	324
	30-60	2,5	7,4	1,8	80	Franco arenoso	489	16,4	160
	60-90	1,8	7,5	1,2	76*	Arenoso	456	4,1	203
12	0-30	3,8	7,4	0,6	88	Franco arenoso	956	14,5	304
	30-60	2,5	7,6	1,8	88	Franco arenoso	489	8,5	269
	60-90	1,7	7,9	1,8	80	Franco arenoso	186	4,2	234

De acuerdo a criterios de interpretación local (Nijensohn et al, 1971), el suelo posee de mediana a baja disponibilidad de nitrógeno, buena provisión de fósforo y de potasio. Según Sánchez (1999) el rango óptimo de pH para frutales de pepita y carozo se sitúa entre 6,0 y 7,5. Para el caso que nos ocupa el rango de pH estuvo entre 7,3 y 7,9.

### Penetrometría



**Figura 1. Perfiles presiométricos de 0 a 90 cm de profundidad, por parcela**

El ensayo de penetrometría indicó un incremento de la compactación entre los 20 y 35 cm, y se puede explicar por el efecto de labores mecánicas tales como rastra de discos que funcionan a esa profundidad, conformando el “pie de arado” (Figura 1). Las parcelas 2, 3, 4, 5 y 8 poseen mayores compactaciones a los 25 cm de profundidad (3 a 5 MPa), el resto para la misma profundidad fluctúa entre 1 a 2,5 MPa. A partir de los 45 a 50 cm y hasta los 90 cm de profundidad se comienza a observar otro incremento de la compactación (8 a 10 MPa) en las parcelas 6 y 7, mientras que las parcelas 1, 2 y 4 alcanzan valores de 5 MPa entre los 80 y 90 cm de profundidad. En general, valores de resistencia superiores a 3 MPa, son considerados restrictivos para la penetración de raíces (González, 1998).

### Estudio de raíces

La categoría de raíces menor a 2 mm fue la de mayor representación dentro del perfil de suelo (0-90 cm); el porcentaje nunca disminuyó del 83 %, en orden de importancia le siguió la categoría de más de 10 mm, con un rango de 2,83 % al 8,33 %, luego la categoría de 2 a 4 mm, con un rango de 3,23 % a 6,56 %, y finalmente la categoría de 4 a 10 mm, con un rango de 1,57 % a 3,66 % (Tabla 3).

**Tabla 3. Porcentaje de las categorías de raíces para la calicatas estudiadas**

Categoría de raíces	Calicata N (N-S)	Calicata N(E-W)	Calicata S (N-S)	Calicata S (E-W)
Menos de 2 mm	91,73 %	88,50 %	83,65 %	84,51 %
2-4 mm	3,23 %	3,83 %	5,13 %	6,56 %
4-10 mm	2,22 %	3,66 %	2,88 %	1,57 %
Más de 10 mm	2,83 %	4,01 %	8,33 %	7,35 %

Las raíces se extienden del tronco, tanto en dirección del riego como perpendicular a él, por lo menos hasta 150 cm, donde se concentra no menos del 73 % de las raíces en sentido del riego, y si consideramos las raíces que se disponen perpendicular al riego, se observa que en los primeros 90 cm del tronco se encuentra por lo menos el 49 % de ellas (Tabla 4).

**Tabla 4. Porcentaje acumulado de raíces relativo a la distancia del tronco**

Tipo calic.	0 (cm)	30 (cm)	60 (cm)	90 (cm)	120 (cm)	150 (cm)
Norte-riego	11	27	44	57	70	75
Norte-perp.	15	38	43	49	59	73
Sur-riego	9	39	57	72	80	80
Sur-perp.	10	29	42	55	65	78

Las raíces profundizan hasta 90 cm, y en ese estrato se concentra el 80 % de las raíces (Tabla 5); para este caso particular los primeros 15 cm poseen menor número de raíces debido al efecto de las labores mecánicas que las destruyen (Figura 2).

Se puede asimismo interpretar que la calicata norte posee mayor densidad de raíces/m<sup>2</sup> que la calicata sur (Tabla 6), esto coincide con la mayor expresión vegetativa de las plantas, medida como diámetro de tronco (datos no mostrados). Además se observó que el 92,4 % del número de raíces en el perfil son menores a 2 mm.

**Tabla 5. Porcentaje acumulado de raíces en profundidad**

Profundidad	Cal. Norte-riego	Cal. Norte-perp.	Cal. Sur-riego	Cal. Sur-perp.
0-30	45,5	24,4	34,2	25,0
30-60	72,1	57,4	80,2	77,7
60-90	83,8	80,9	100,0	100,0

**Tabla 6. Número de raíces por perfil, densidad de raíces/m<sup>2</sup> por cada categoría y en cada calicata y densidad total de raíces por m<sup>2</sup> para cada calicata**

Calicata	Nº raíces/perfil	Densidad raíces /m <sup>2</sup> de perfil				Dens. total/m <sup>2</sup>
		< 2 mm	2 a 4 mm	4 a 10 mm	> 10 mm	
Norte-riego	993	360	13	9	11	394
Norte-perp.	550	201	9	8	9	218
Sur-riego	243	118	7	4	12	110
Norte-perp.	376	146	11	3	13	170

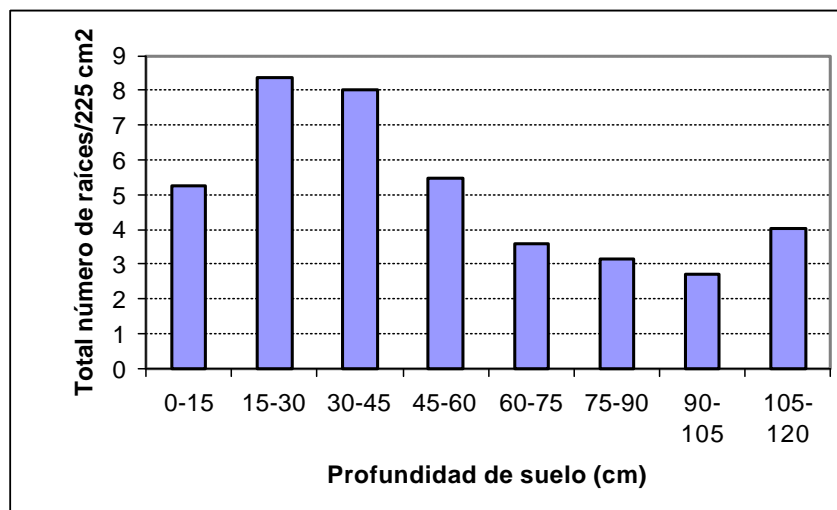


Figura 2. Número de raíces totales por cada cuadrícula de 225 cm<sup>2</sup>

### Determinación de la capacidad de campo (C-C.) y de la capacidad de marchitamiento permanente del suelo (P-M.)

El suelo en el bloque 4 presentó el más alto valor de agua disponible (AD) le siguió el bloque 3, luego el bloque 1, y finalmente el bloque 2 (Tabla 7).

Esta variación en la capacidad de almacenaje se ve correlacionada con la variación en el crecimiento de los árboles a favor de los bloques 3 y 4 medido como diámetro de tronco (datos no mostrados) y justificó el bloqueo en función de capacidad de almacenaje del suelo inicialmente establecido. Las variables edáficas promedio para el ensayo se observan en la tabla 8.

Tabla 7. Valores máximos, mínimos y promedios de capacidad de campo (C.C.), capacidad de marchitamiento (P.M.) y agua disponible (AD) por bloque, expresados en g%g

Prof.	Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3		Bloque 4		Promedios	
	C.C.	P.M. <sup>(*)</sup>	C.C.	P.M.	C.C.	P.M.	C.C.	P.M.	C.C.	P.M.
0-30	22,52-20,7	---	21,34-20,37	---	20,78-19,87	---	24,73-23,32	---	22,34-21,06	
30-60	18,74-16,20	5,1	16,37-14,61	4,4	17,81-16,20	3,8	19,95-19,60	6,6	18,21-16,65	4,97
60-90	12,92-12,15	---	9,97-9,40	---	14,06-13,82	---	19,04-18,83	---	13,99-13,55	
Prom	17.3	5.1	15.4	4.4	17.3	3.8	21.8	6.6	17.9	5.0
AD	12.2		11.0		13.5		15.2		12.9	

<sup>(\*)</sup> El P.M. fue determinado sólo a 50 cm de profundidad

Tabla 8. Valores de capacidad de campo, capacidad de marchitamiento y agua disponible del perfil promedio (g%g)

Profundidad	C.C.	P.M.	AD
0-30	21.7	5.0	16.7
30-60	17.4	5.0	12.4
60-90	13.8	5.0	8.8

## Ensayo de Infiltración

La ecuación que caracteriza a dicho suelo resultó ser:

$$I_{cum} = 9,55 \times t^{0,49} \quad (R^2 = 0,92, p = 0,01)$$

La infiltración básica de dicho suelo fue de 15 mm hora<sup>-1</sup> correspondiente a un suelo de textura franca (Chambouleyron, 1999) y a la categoría 0,6 de las Familias de curvas de infiltración acumulada según el procedimiento del Servicio de Conservación de suelos.

La curva de infiltración demuestra que para las láminas utilizadas en los riegos por microaspersión con alta frecuencia (35 mm por riego aproximadamente en 2 riegos semanales) infiltrarían correctamente sin provocar escorrentía, minimizando las pérdidas de agua por evaporación (Figura 3)

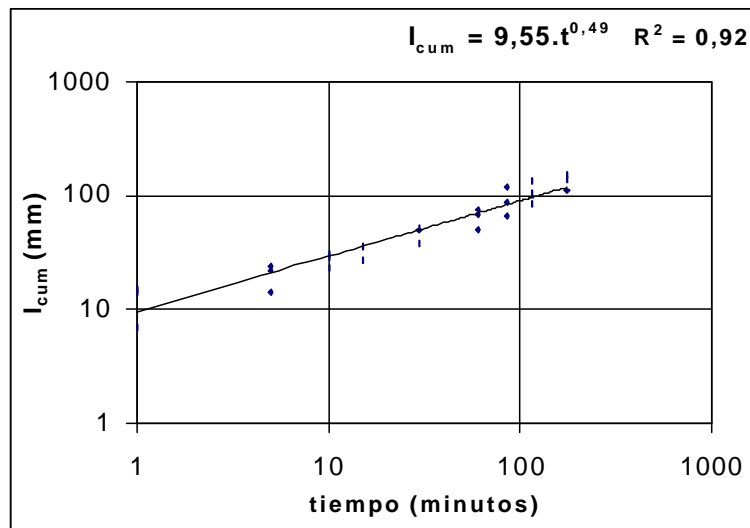
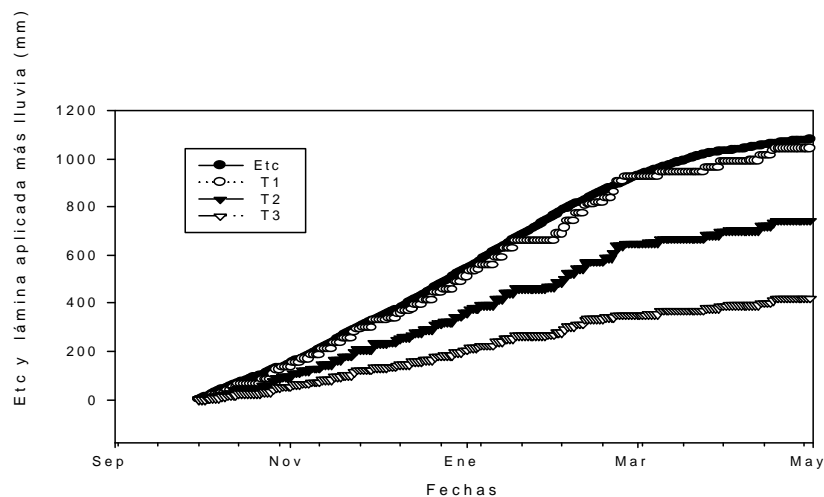


Figura 3: Curva de infiltración acumulada (datos de tres ensayos, parcelas: 5, 6 y 8)

## Evapotranspiración de cultivo y lámina aplicada con riego y lluvia durante el ensayo

La evapotranspiración acumulada de cultivo de los tratamientos 2 y 3 se separaron claramente de T1 (Figura 4).

El manejo del riego durante el ciclo y el porcentaje de agua aplicada respecto a la ETc de cada tratamiento es mostrado en la Tabla 9 y los valores aplicados hasta cosecha en la Tabla 10.



**Figura 4. Evapotranspiración acumulada del cultivo estimada por Penman-Monteith según FAO y Kc obtenido por Oriolani, milímetros aplicados por riego y lluvia durante toda la temporada para los tres tratamientos.**

**Tabla 9. Lámina de agua aportada por riego y lluvia (mm) para el ciclo completo del cultivo, (234 días de plena floración) por tratamiento y porcentaje de agua aplicada respecto a Etc (evapotranspiración de cultivo estimada por Penman-Monteith y Kc obtenida por Oriolani)**

	Lámina de agua aplicada (mm)	% respecto a ETC
ETc	1080	----
T1	1042	96,4
T2	742	68,7
T3	419	38,8

**Tabla 10.- Lámina de agua aportada por riego y lluvia (mm) hasta el momento de cosecha, (114 días de plena floración) por tratamiento y porcentaje de agua aplicada respecto a Etc (evapotranspiración de cultivo estimada por Penman-Monteith y Kc obtenida por Oriolani),**

	Lámina de agua aplicada (mm)	% respecto a ETC
ETc	547	----
T1	534	97,5
T2	375	68,5
T3	213	38,9

## Humedad del suelo

Se puede observar que el contenido de humedad promedio del suelo disminuye en profundidad, y que T1 y T2 no se diferencian, tanto en la primera como en la segunda profundidad, pero sí lo hacen en la tercera. T3 se diferencia de los dos anteriores en las dos primeras profundidades, pero en la tercera sólo se logra separar de T1 no encontrando diferencia entre T2 y T3 (Tabla 11)

**Tabla 11. Contenido de humedad promedio (g%g) hasta el momento de cosecha 115 días desde plena floración, en las distintas capas. Los valores entre paréntesis representan la mediana**

Tratamiento	Humedad ( g%g)		
	0 -30 cm	30 - 60 cm	60 – 90 cm
T1	17,71 (17,59) a	14,95 (14,60) a	11,43 (11,45) a
T2	17,22 (17,20) a	14,08 (14,20) a	9,75 (9,28) b
T3	14,67 (14,78) b	11,51 (11,47) b	9,30 (9,33) b

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas entre las correspondientes medianas de tratamientos ( $p < 0,05$ ).

Las mediciones de SM realizadas a 50 cm no señalan diferencias entre los tratamientos T1 y T2, pero sí diferencia éstos de T3 (Tabla 12).

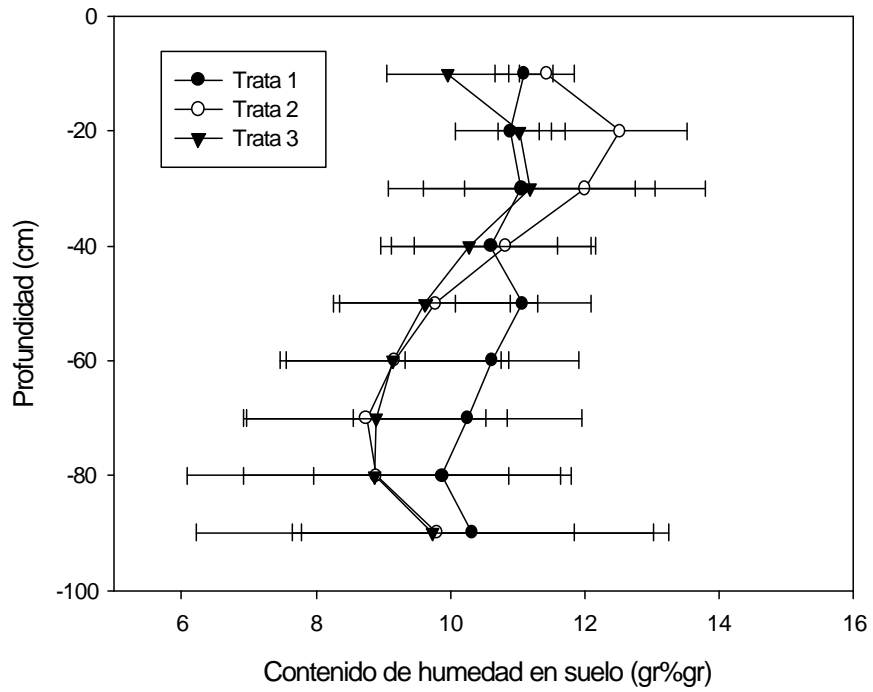
**Tabla 12. Valores promedios de la succión matriz durante el ciclo medida con bloques de matriz granular a 50 cm de profundidad (115 días desde plena floración). Valores entre paréntesis representan las medianas.**

Tratamiento	SM (kPa)
T1	17 (17) a
T2	17 (16) a
T3	34 (22) b

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las correspondientes medianas de tratamientos.  $P < 0,05$ .

El coeficiente de regresión de la curva de ajuste entre humedad gravimétrica y la constante dieléctrica fue 0,6 lo que significa que sólo el 60 % de la variación de humedad del suelo pudo explicarse por la variación de la constante dieléctrica. Varios factores pueden haber provocado esta falta de ajuste, como puede ser instalación deficiente que dejó aire entre el tubo y el suelo (difícil de evitar en suelos arenosos o pedregosos), o las variaciones de salinidad entre otras. No obstante esto, la utilización de este tipo de equipos permite conocer las variaciones temporales y espaciales de humedad en forma más frecuente pudiendo entonces seguir el patrón de agotamiento en la zona radical sin disturbar el sitio. De las 17 fechas de medición con sonda, se muestran sólo dos momentos claves en relación al crecimiento del fruto: segunda fase (5 de noviembre) y tercera fase de crecimiento de fruto (29 de noviembre) (Figura 5).

I Contenido de humedad de suelo medida con sonda dieléctrica  
5 de noviembre de 2002



Contenido de Humedad en suelo medido por sonda dieléctrica  
29 de noviembre de 2002

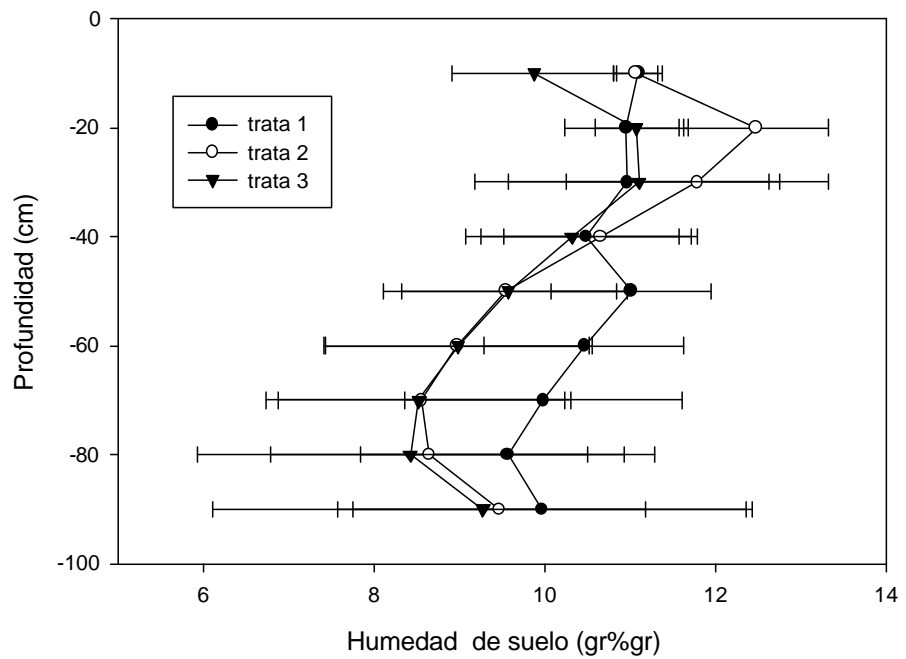
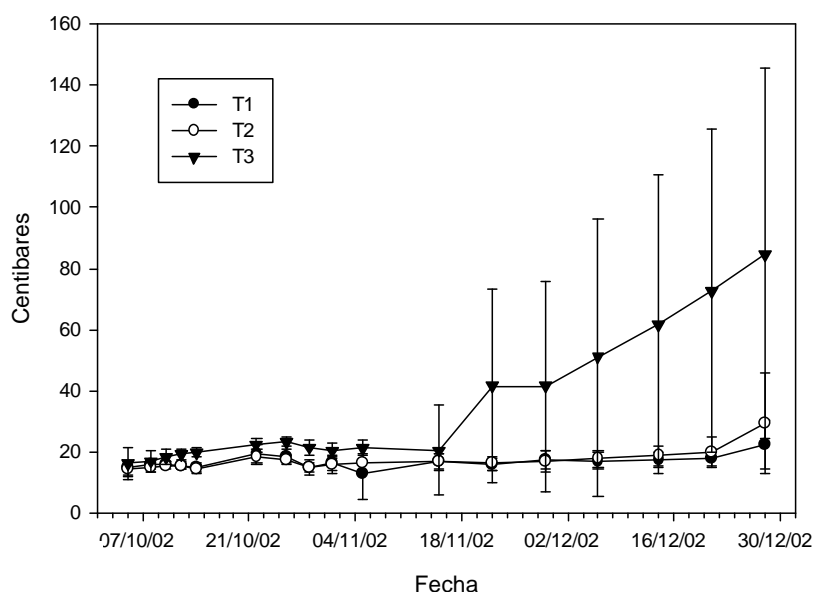


Figura 5.- Variación del contenido de humedad en el perfil de suelo durante la fase II (5 de noviembre) y fase III (29 de noviembre) de crecimiento del fruto

Las mediciones realizadas con bloque de matriz granular (Figura 6) fueron semejantes para todos los tratamientos, desde el 7/10/02 hasta el 18/11/02, momento en el cual se comienza a diferenciar el tratamiento seco (T3) de los demás tratamientos manteniéndose hasta el 30/12/02 (fecha de cosecha). Con esta medición no se pudo diferenciar el T1 del T2 en toda la temporada, a diferencia de lo encontrado por Naor et al (1999), quienes utilizando tensiómetros ubicados a 50 cm de profundidad, observaron una tendencia (aunque no significativa) entre tratamientos donde aplico  $K_c$  de 0,84

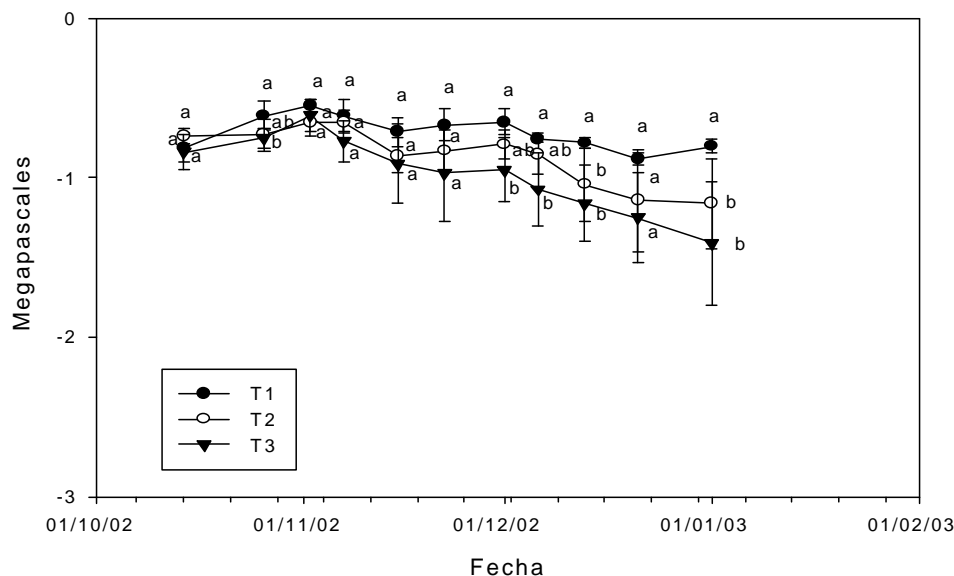


**Figura 6. Variación de la succión matriz del suelo a 50 cm de profundidad en cada tratamiento durante el ciclo**

### **Mediciones de potencial agua del tallo al mediodía**

El potencial agua xilemático medido al medio día (Figura 7), mostró que el estado hídrico de las plantas fue similar entre tratamientos desde el 14/10/02, fecha de comienzo de las mediciones, hasta el primer día de diciembre. Esto es debido a que se realizó un riego general a manto el 11/09/02 hasta llenar el perfil y las plantas fueron plenamente abastecidas en su requerimiento hídrico. Posteriormente y hasta cosecha los tratamientos comenzaron a diferenciarse. El tratamiento húmedo T1 varió entre  $-0,55$  y  $-0,88$  MPa, el T2 varió entre  $-0,65$  y  $-1,16$  MPa y el T3 varió entre  $-0,61$  y  $-1,41$  MPa; sus promedios pueden observarse en cuadro 20. En todos los casos el potencial disminuyó hacia el final de la temporada (cosecha). Otros trabajos también han constatado que aún en el tratamiento control bien regado habría un desbalance entre demanda y oferta de agua avanzada la estación (Vallone, 1998; Shackel et al, 1997).

Los valores encontrados tanto para el tratamiento húmedo como para los con restricción hídrica fueron mayores a los encontrados por Girona (1993), semejantes a los encontrados por Berman y Dejong (1996) y en el tratamiento control de Besset (2001). Se encontró diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 13).



**Figura 7. Potencial agua del tallo al mediodía hasta el momento de cosecha**

En la fase III de crecimiento de fruto también los tres tratamientos se diferenciaron significativamente (Tabla 14), se observa que los potenciales promedio de la tercera fase de crecimiento de fruto tuvieron una leve disminución respecto a la mediana de la estación (Tablas 13 y 14).

En coincidencia con otros autores (Shackel et al., 1997; Ferreira 2002) el potencial agua del tallo al medio día diferencia plenamente los distintos tratamientos de riego.

**Tabla 13. Potencial agua del tallo al mediodía, promedio y mediana de a temporada (en Mpa) para cada tratamiento, significancia estadística (95% de confianza). Valores entre paréntesis representan las medianas**

Tratamiento	Potencial agua xilemático
T1	-0,74 (-0,75) a
T2	-0,93 (-0,85) b
T3	-1,08 (-1,00) c

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las correspondientes medianas de tratamientos  $p \leq 0.05$

**Tabla 14. Potencial agua del tallo al mediodía, promedio y mediana de la fase III de crecimiento de fruto (en Mpa) para cada tratamiento, significancia estadística (95% de confianza). Valores entre paréntesis representan las medianas**

Tratamiento	Potencial agua del tallo
T1	-0,76 (-0,75) a
T2	-0,98 (-0,90) b
T3	-1,15 (-1,05) c

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las correspondientes medianas de tratamientos,  $p \leq 0.05$

### **Evapotranspiración real (ETc) y Kc de cultivo para la variedad Elegant Lady**

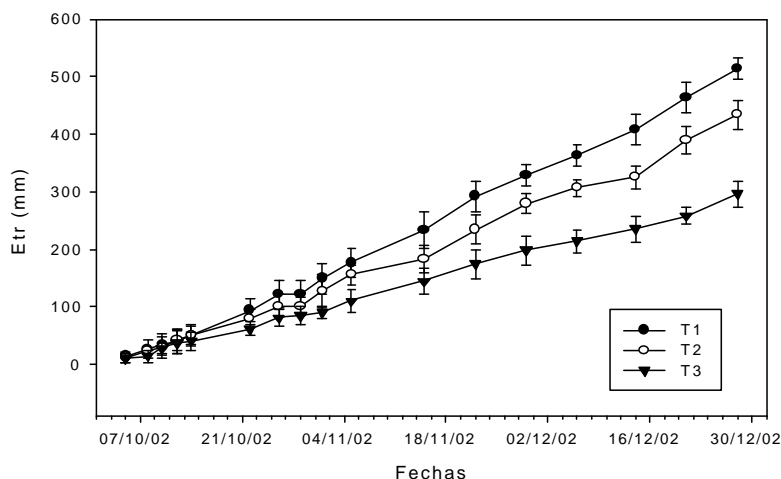
En la figura 4 se presentó la ETo del ensayo. De acuerdo al balance hídrico del suelo entre el 5 de octubre hasta el día 22 de noviembre, los tratamientos no presentaron diferencias significativas en la evapotranspiración real debido a que se comenzó con perfil lleno, mediante un riego a manto realizado el día 11 de setiembre. A partir del 22 de noviembre se observó que la evapotranspiración real comenzó a diferenciarse entre los tratamientos hasta el momento mismo de cosecha (114 días de plena floración), alcanzando el T1 el valor de 515mm, el T2 434 mm y el T3 296 mm. (Figura 8).

El ciclo de cultivo del duraznero en la provincia de Mendoza se extiende desde setiembre hasta abril (8 meses); según ensayos locales el consumo anual de la variedad..Elegant Lady , fue de 1167 mm con periodos críticos a los fines productivos desde el 18 de noviembre hasta el momento de cosecha (fines de diciembre a principios de enero). Los Kc asimismo determinados mensualmente oscilan entre 0,65 y 1,03 con un promedio anual de 0,88 (Oriolani, 1988) (Tabla 15)..

**Tabla 15. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) y de cultivo (ETc) para duraznero en mm, y Kc obtenido por Oriolani (1988).**

Meses	ETo	Kc	ETc
Setiembre	118,43	0,74	87,64
Octubre	161,97	0,89	144,2
Noviembre	186,34	0,99	184,5
Diciembre	202,03	1,03	208,1
Enero	221,43	1,02	225,9
Febrero	171,84	0,94	161,5
Marzo	131,46	0,82	107,8
Abril	72,58	0,65	47,18
Total	1266,08	0,88	1166,82

Los milímetros de agua aplicados para la temporada 2002/03 fue levemente superior a los milímetros de agua total consumida (1023 mm) en aquel ensayo de Oriolani (1988) para el tratamiento llamado más frecuente.



**Figura 8. Evapotranspiración real de cultivo (mm) para los tres tratamientos desde plena floración a cosecha, 114 días**

Los Kc de cultivo medidos para el tratamiento húmedo (T1) son semejantes a los Kc medidos por Oriolani. (Tabla 16), además el mismo cuadro muestra como los Kc para los distintos tratamientos son menores a medida que se aplicó restricción hídrica.

**Tabla 16. Obtención de Kc de cultivo desde octubre hasta Diciembre (cosecha), 114 días desde plena floración**

Meses	Kc T1	Kc T2	Kc T3	Kc (Oriolani)
Octubre	0,84	0,78	0,62	0,89
Noviembre	1,05	0,96	0,66	0,99
Diciembre	1,00	0,83	0,53	1,03

### **Rendimiento y calidad de frutos**

Los rendimientos disminuyeron cuando se impuso un estrés hídrico en la planta, aunque en este caso la disminución no fue estadísticamente significativa entre los tratamientos, el T1 es mayor en un 6,7 % respecto al T2 y 21 % al T3. El estrés hídrico provocó una significativa reducción del peso fresco del fruto, en coincidencia con los resultados en otros estudios (Berman y Dejong, 1996; Crisosto, 1996) (Tabla 17).

El calibre del fruto se redujo significativamente con la reducción hídrica, en coincidencia con lo encontrado por Naor et al (2001) quien observó un incremento de la producción de frutos con calibre entre 60 y 65 mm (calibres medianos) en desmedro de los calibres mayores, cuando se aplicó un Kc de 0,84 respecto a un control de Kc igual a 1,01 (Tabla 17).

Los destinos comerciales de los frutos dependen fundamentalmente del diámetro de los mismos, y aquí se observa que el estado hídrico de la planta afectó este importante atributo, de tal manera que a medida que restringimos el agua en la planta el destino comercial de los frutos varía, al igual que lo encontrado por Besset (2001). El tratamiento control T1 tiende a presentar mayor porcentaje de fruta exportada que los tratamientos 2 y 3, pero debido a la variabilidad observada estas diferencias no son significativas (Tabla 17).

El porcentaje de color rojo y el color de fondo no se afectó con la restricción hídrica, en coincidencia con (Crisosto, 1996), quien observó que el porcentaje de superficie roja no se vio alterada cuando provocó una restricción hídrica del 50 % de Evapotranspiración de cultivo durante

las últimas cuatro semana previas a cosecha en el cv. O’Henry. Respecto a la firmeza de pulpa, se midió en la zona de la sutura y en la zona opuesta a sutura (lateral), observándose que la firmeza es mayor en la zona lateral que en la sutura. Por otro lado a diferencia de lo encontrado en pera por Ramos (1993), donde la firmeza fue independiente del nivel hídrico de la planta, y Crisosto (1996), donde la firmeza no se vio afectada cuando en las últimas cuatro semanas previas a cosecha en un tratamiento se redujo al 50 % de Etc, en cv. O’Henry, la firmeza en este estudio fue significativamente mayor en T2 respecto los otros tratamientos que no se diferenciaron entre sí. (Tabla 17).

**Tabla 17.- Rendimiento, calibre de fruto (n=5720 frutos), peso de fruto (n=5720 frutos), destinos de los frutos (n=5720 frutos), porcentaje de color rojo (n=1800 frutos), color de fondo (n=1800 frutos), presión en sutura (n=720 frutos) y presión en el sector lateral del fruto (n=720 frutos), por tratamientos. 115 días desde plena floración. Valores entre paréntesis corresponden a la mediana.**

	T1	T2	T3
Nº frutos/planta <sup>(*)</sup>	492 a	495 a	443 a
Rendimiento (kg/ha)	29.091 ± 4856 a	27.142 ± 6099 a	22.963 ± 6825 a
Calibre fruto (mm) <sup>(**)</sup>	67,08 (67,3) a	64,48 (64,86) b	62,73 (62,52) c
Peso fruto (g)	153 (155) a	137 (136) b	129 (126) c
Exportación (%)	55,21 ± 12,84 a	28,83 ± 14,04 a	20,03 ± 29,3 a
Mercado interno (%)	44,55 ± 12,72 a	70,55 ± 14,07 a	78,12 ± 28,32 a
Descarte (%)	0,24 ± 0,23 a	0,62 ± 0,18 <sup>a</sup>	1,85 ± 1,09 a
Color rojo (%)	88 (90) a	86 (90) a	87 (90) a
Color fondo (1 a 3)	2 (2) a	2 (2) a	2 (2) a
Presión sutura 1 (Lb)	10,6 (11,5) a	12,1 (12,5) b	10,6 (11) a
Presión sutura 2 (Lb)	10,5 (11,3) a	11,9 (12,5) b	10,5 (11,0) a
Presión lateral 1 (Lb)	11,9 (12,5) a	13,3 (13,9)b	12,0 (12,5) a
Presión lateral 2 (Lb)	11,8 (12,7) a	13,4 (14,0) b	11,7 (12,6) a

(\*) Variable controlada al momento del raleo

(\*\*) Exportación ≥67 mm de diámetro. Mercado interno 50-67 mm. Descarte ≤ 50 mm

### **Relaciones entre potencial xilemático al medio día y componentes de cosecha**

El rendimiento por hectárea se incrementa a medida que el potencial agua del tallo medido al medio día en la fase III del crecimiento del fruto aumenta (Figura 9), registrándose los valores de rendimientos mayores (24.000 a 34.000 kg/ha) cuando el potencial agua del tallo alcanzó valores de -0,7 a- 0.8 MPa.

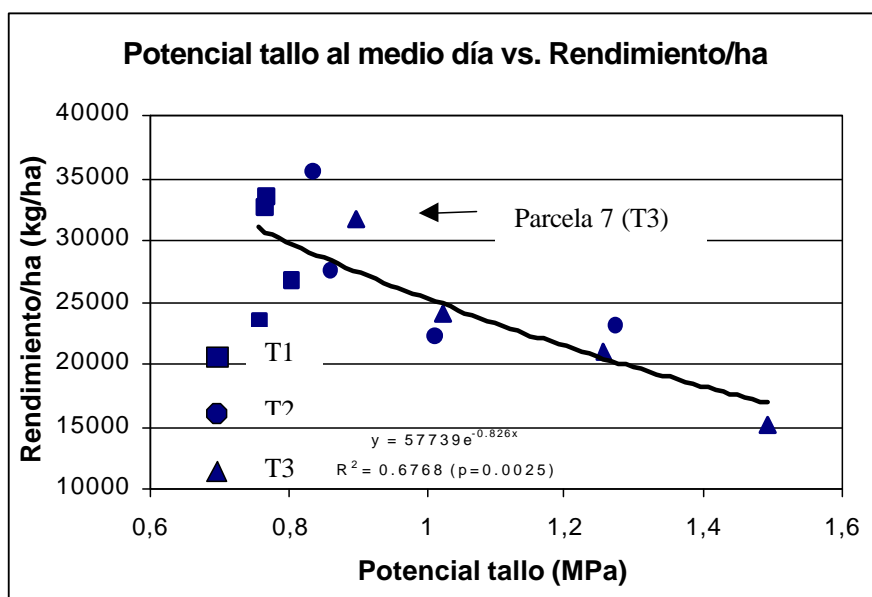


Figura 9. Potencial agua del tallo al medio día, promedio (MPa) de la fase III de crecimiento de fruto y Rendimiento. (El Potencial tallo posee valores negativos)

El porcentaje exportado también se incrementa cuando aumenta el potencial agua del tallo medido al medio día durante la fase de crecimiento III del fruto (Figura 10), alcanzando los valores de exportación máxima (45 a 75 %) entre -0,7 y -0,8 MPa.

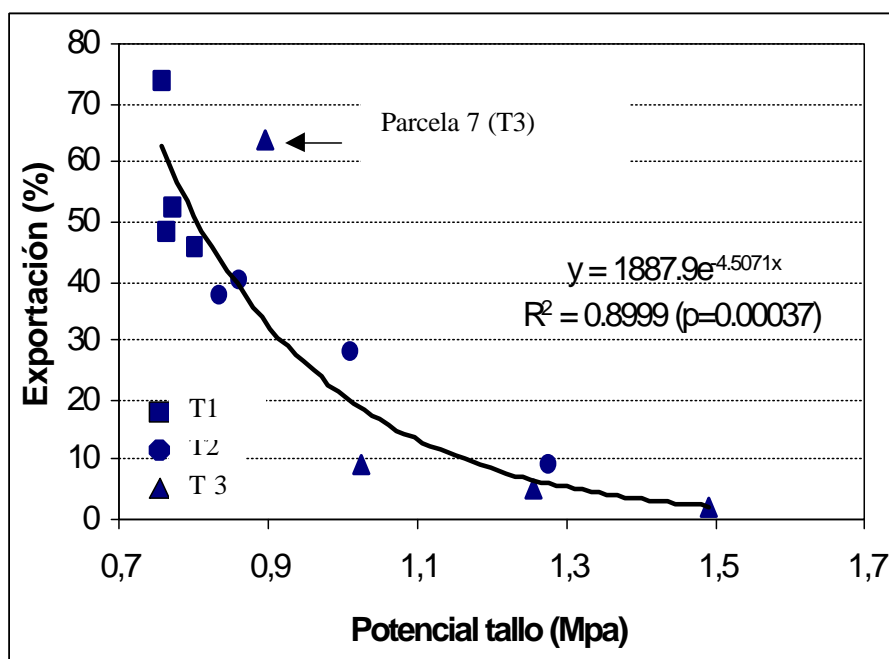


Figura 10. Potencial agua del tallo al medio día, promedio (MPa), durante la fase III de crecimiento de fruto y porcentaje de fruto exportado. (El Potencial tallo posee valores negativos)

El calibre de fruto aumenta a medida que aumenta el potencial agua del tallo medido al medio día en la fase III de crecimiento de fruto (Figura 11), alcanzando valores máximos de calibre (65 a 70 mm) obtenido en cosecha cuando el potencial agua del tallo estuvo entre -0,7 y -0,8 MPa.

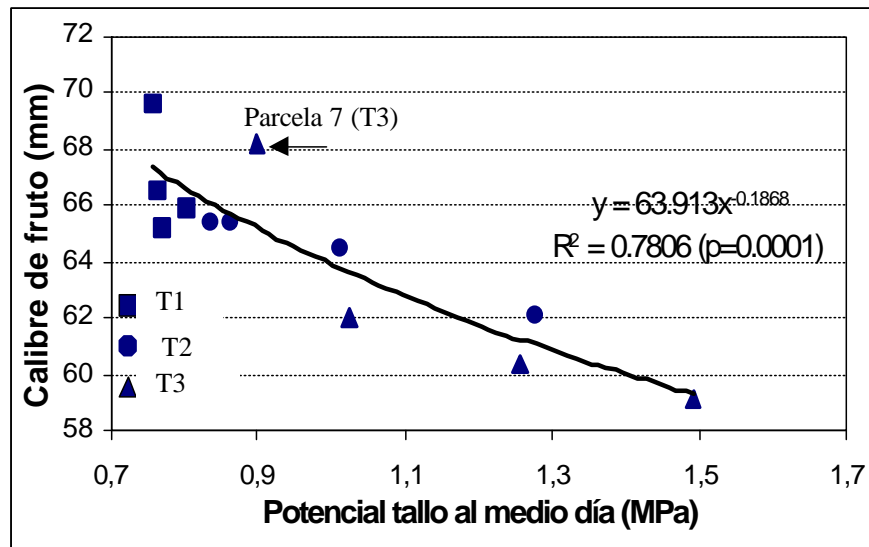


Figura 11. Potencial agua del tallo al medio día, promedio (MPa), durante la fase III de crecimiento de fruto y calibre de fruto (mm). (El Potencial tallo posee valores negativos).

El peso del fruto se incrementa a medida que aumenta el potencial agua del tallo medido al medio día durante la fase de crecimiento III del fruto (Figura 12), alcanzando valores de 150 gr/fruto cuando el potencial agua del tallo estuvo entre 0,7 y 0,8 MPa.

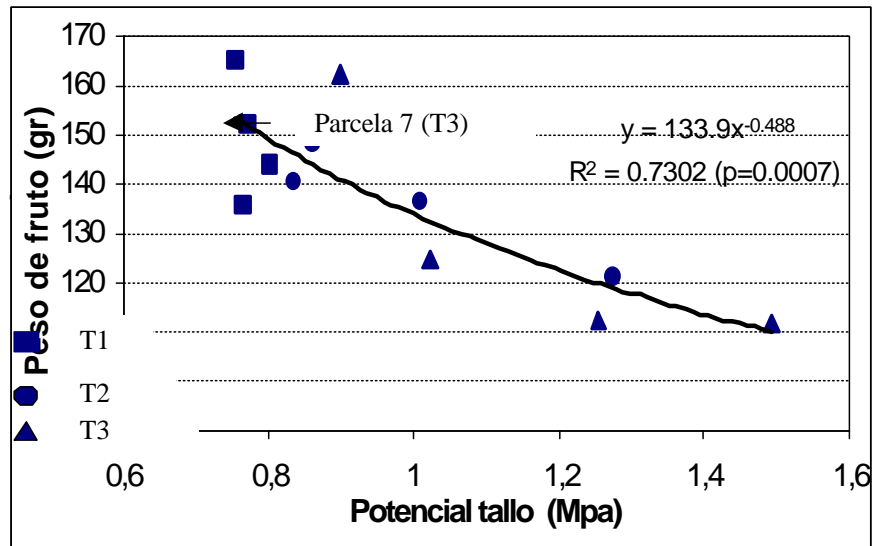
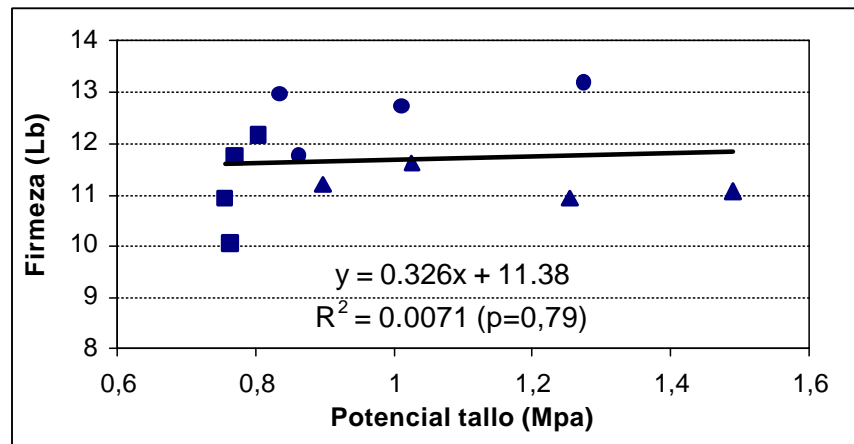


Figura 12. Potencial agua del tallo al medio día, promedio (MPa), durante la fase III de crecimiento de fruto y peso de fruto (g). (El Potencial tallo posee valores negativos)

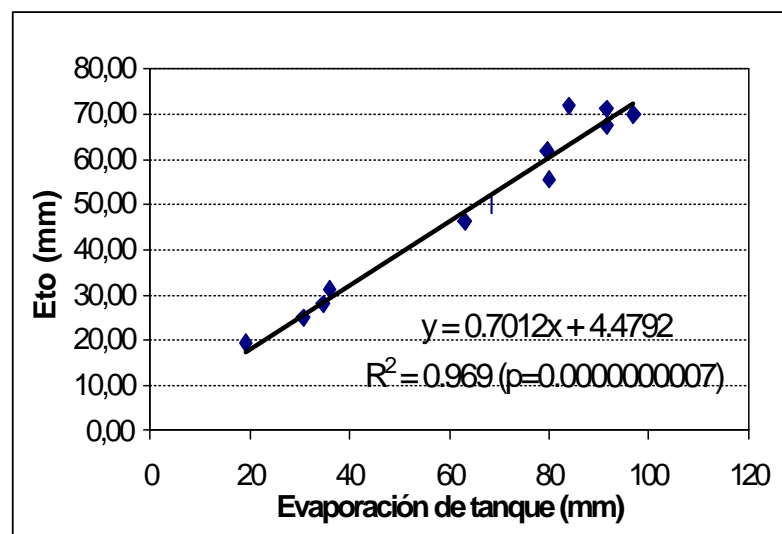
La firmeza de pulpa no se vio afectada por el potencial agua del tallo medido al medio día durante la fase III de crecimiento de fruto, Figura 13, en coincidencia con lo encontrado por Ramos (1993).



**Figura 13. Potencial agua del tallo al medio día promedio (MPa), durante la fase III de crecimiento de fruto y firmeza de fruto (Lb). (El Potencial tallo posee valores negativos)**

En las figuras 10, 11, 12 y 13, se puede observar como la parcela N° 7 del tratamiento 3 quien recibió en todos los casos el 40 % de ETc, se comportó siempre como un tratamiento 1 de riego, ya que rendimiento, porcentaje de fruto exportado, calibre de fruto y peso de fruto corresponde a una parcela con riegos óptimos, la explicación a tal comportamiento se la puede encontrar en la excelente textura de suelo que posee y al gigantesco sistema radical de sus plantas, por otro lado se realizó un riego a manto antes del comienzo del ensayo y esto provocó el llenado del perfil, su agotamiento fue bastante mas lento que las parcelas restantes y su extendido sistema radical pudo absorber agua en un extendido volumen de suelo. Este comportamiento hizo que los resultados no tuvieran mayores diferencias entre tratamientos en las variables estudiadas (Tabla 17).

### Tanque evaporación y evapotranspiración por Penman-Monteith según FAO



**Figura 14. Evaporación del tanque clase "A" y Evapotranspiración del cultivo de referencia estimada por Penman-Monteith según FAO, para intervalos de 10 días**

La Figura 14. muestra un excelente ajuste para estimar la evapotranspiración de cultivo de referencia a través de la medición del tanque de evaporación clase “A” teniendo en cuenta intervalos de 10 días, en una total coincidencia con las afirmaciones de FAO (Allen, 1998) que indica que el tanque de evaporación clase “A” posee una importante utilidad cuando se toman en cuenta intervalos de 10 días o más.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente ensayo y tras sólo un año de restricción hídrica se puede concluir lo siguiente:

- 1) El Potencial Agua del tallo medido al medio día presentó diferencias entre los tres tratamientos de riego por lo que se puede considerar un buen indicador del estado hídrico de la planta de duraznero (*Prunus persica*, cv. Elegant Lady), y por lo tanto es posible utilizarlo para determinar el momento oportuno de riego.
- 2) Al momento de cosecha se verificó que el estrés hídrico establecido durante el ciclo de cultivo (ya sea al 40 % o 70 % de ETc) afectó la calidad de la fruta, especialmente en su calibre y peso; disminuyó un 21 % el rendimiento y sólo un 20 % de la fruta tuvo calidad exportable tras la aplicación de 40 % de ETc. La firmeza de pulpa fue mayor en el tratamiento con 70 % de ETc.
- 3) Los valores de potencial agua del tallo al medio día asociados a los mayores calibres y peso de fruto, rendimientos y calidad exportable se sitúan entre  $-0,7$  a  $-0,8$  MPa.
- 4) Existe una relación directa entre el potencial agua del tallo al medio día y el rendimiento ( $R^2 = 0,68^{**}$ ), porcentaje de fruto exportable ( $R^2 = 0,90^{**}$ ), calibre ( $R^2 = 0,79^{**}$ ) y peso de fruto ( $R^2 = 0,73^{**}$ ).
- 5) Los Kc para los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, coinciden con los determinados por Oriolani para la especie y zona del ensayo. Asimismo el consumo hídrico del cultivo entre octubre y principio de enero fue de 515 mm para el tratamiento sin restricciones hídricas en acuerdo con los 525 mm medidos para la zona en ese periodo.
- 6) Es posible estimar con las medidas de tanque de evaporación clase “A” la evapotranspiración del cultivo de referencia con un aceptable nivel de confianza para intervalos de 10 días.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R. L. Pereira, D. Raes and M. Smith.** (1998). *Crop Evapotranspiration, Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation And Drainage Paper 56.*
- Begg, J.E. and N. C. Turner** (1970). *Water Potential Gradients in Field Tobacco.* Plant Physiol. 46, 343-346.
- Berman, M.E., and T.M. Dejong** (1996) *Water Stress and crop load effects on fruit and dry weights in peach (Prunus persica).* Tree Physiology 16, 859-864.
- Besset, J., M Génard; Girard, T.; Serra, V; and C. Bussi** (2001). *Effect of Water Stress applied during the final stage of rapid growth on peach trees (cv. Big-Top),* Scientia Horticulture 91,289-303.
- Campbell, G.S. and M.D. Campbell** (1982). *Irrigation Scheduling using soil moisture measurements: Theory and practice.* P.25-42. In: D. Hillel (ed) *Advances in irrigation.* Vol 1 Academy, New York.

- Chalmers, D.J.; P. Mitchell, and L. Van Heek** (1981). *Control of Peach Tree Growth and Productivity by Regulated Water Supply, Tree Density, and Summer Pruning*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(3):307-312.
- Chambouleyron J.** (1999). *Manual de riego y drenaje*. Libro de texto para el curso de Hidrología Agrícola. Cátedra de Hidrología, Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. Mendoza - Argentina.
- Crisosto, C** (1994). *Manejo de la Temperatura Optima de Enfriado*. Curso Internacional de Frutales de Carozo, General Roca, Río Negro, Argentina.
- Crisosto, C., R. Scott Johnson, Ted Dejonh y Kevin Day** (1996). *Efecto del Manejo de Precosecha sobre la Calidad y Condición de Frutos de Carozo en Postcosecha*. I Curso Internacional de Postcosecha, Estrategias Tecnológicas de Postcosecha para Frutos de Carozo. Santiago-Chile.
- Dejong, T.M.** (1986) *Fruit Effects on photosynthesis in Prunus pérsica*. Physiol. Plant. 66:149-153.
- Dejong, T.M.,**(1989) *Modelling Peach Fruit Growth and Carbohydrate Requirement: Reevaluation of the Double-Sigmoid Growth Pattern*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(5):800-804.
- Diario oficial de las Comunidades Europeas, Disposiciones Relativas al Calibrado**, Bruselas, 13 de mayo de 1993.
- Ferreira, R y G. Selles** (2002) *Efecto del estrés hídrico durante la fase II de crecimiento del fruto del Duraznero cv. Kakamas en el rendimiento y estado hídrico de las plantas*. Agr. Téc. Vol 62, Nº 4, p565-573 ISSN 0365-2807.
- Furlani, M. R., L. Rivero** (1994) *Calidad y Vida Comercial de Duraznos y Ciruela para exportación*
- Girona, J., M. Mata.; D. Goldhamer ; R. Johnson and T. M. Dejong** (1993) *Patterns of Soil and Tree Water Status and Leaf Functioning during Regulated Deficit Irrigation Scheduling in Peach*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(5):580-586.
- Gonzalez, De Leon, F. Payán Zelaya, y S. Sanchez** (1998). *Localización de capas compactadas en el perfil del suelo mediante penetrometría*. Terra volumen 16 (4)
- Hsiao, T.** (1990) *Measurements of plant water status*. In: *Irrigation of Agricultural Crops-Agronomy Monograph* Nº 30, 243-279.
- Información Económica de Mendoza:** (2003) Boletín del Ministerio de Economía, Gobierno de la provincia de Mendoza
- Li, S.H, J.G. Huguet, P.G. Schoch and P. Orlando** (1989) *Response of peach tree growth and cropping to soil water deficit at various phenological stages of fruit development*. Journal of Horticultural Science (1989) 64 (5) 541-552.
- McCutchan, H and K. Shackel** (1992) *Stem water potencial as a sensitive indicator of water stress in Prune tree (Prunus domestica L. Cv. French)*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(4):607-611.
- Naor, A, I. Klein, H. Hupert, Y. Grinblat, M. Peres and A. Kaufman** (1999) *Water Stress and Crop Level Interactions in Relation to Nectarine Yield, Fruit Size Distribution and Water Potencial*, J Amer. Soc. Hort. Sci 124(2):189-193.
- Naor, A, H. Hupert, Y. Greenblat, M Peres, A. Kaufman, I. Klein** (2001) *The response of nectarine fruit size and midday stem water potencial to irrigation level in stage III and crop load*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126(1):140-143.2001.
- Nijenshon, L.y H. Pilasi** (1962) *Correlacion entre contenido de agua a pF0, volumen de sedimentación y porcentaje de arcilla*, Resúmenes de Trabajos y Comunicaciones, 2ª Reunión Argentina y 1º Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mendoza.
- Nijensohn, L; F. Olmos y M.A. Avellaneda** (1971) *Guía de Trabajos Prácticos de Edafología*- Facultad de Ciencias Agrarias- Universidad Nacional de Cuyo.
- Oriolani, M.** (1988) *Requerimientos hídricos de los principales cultivos de Mendoza*. Folleto Nº 90. INTA. 50 páginas.
- Rigoni, A.** 1971-(1980) *Resumen de la Información Climática obtenida en la Estación Agrometeorológica de la Subestación Experimental Agropecuaria Junín*.(INTA).
- Sanchez, E.** (1999) *Nutrición Mineral de Frutales de Pepita y Carozo*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Alto Valle de Río Negro, Río Negro, Argentina.
- Scholander, P.F., H. T. Hamel, Edda D. Bradstreet, and E. A. Hemmingsen** (1965) *Sap Pressure in Vascular Plants*, Science, Vol. 148, p. 339-345.

Secretaría de Agricultura y Ganadería Ministerio de Economía de la Nación, Publicado por Instituto de Desarrollo Rural (IDR). [www.idr.gov.ar](http://www.idr.gov.ar)

**Shackel, K.** (2001) *Measuring Plant Water with a Pressure Chamber*. Apunte del curso dictado por el autor en al Maestría de Riego y Drenaje, 10 diciembre 2001.

**Shackel, K, and E, Brinckmann** (1985) *In Situ Measurement of Epidermal Cell Turgor, Leaf Water Potential, and Gas Exchange in Tradescantia virginiana L*. Plant Physiol. Vol 78, 66-70.

**Shackel, K, H. Ahmadi, Biasi, R. Buchner, D. Goldhamer, S. Gurusinghe, J. Hasey, D. Kester, B. Krueger, B. Lampinen, G, McGourty, W. Micke, W. Mitcham, E, Olson, B, Pelletrau, K, Philips, H, Ramos, D, Schwankl, L, Sibbett, S, Snyder Richard, Southiwick, S, Stevenson; M, Thorpe, M, S. Weinbaum, and J. Yeager** . (1997) *Plant Water Status as an Index of Irrigation Need in Deciduous Fruit Trees*. Hortechonology. 7(1).23:29 .

**Vallone, R.** (1998) *Influencia del estado hídrico sobre desarrollo, rendimiento y calidad enológica en vid*. Tesis de Maestría, UNCuyo, 130 p.

**Warrick, A.W., D.R. Nielsen** (1980) *Spatial Variability of Soil Physical Properties en the Field*. In: *D. Hillel (ed.) Applications of Soil Physics*. Academic, New York., pp 319-344.