

EFFECTO A LARGO PLAZO DE RESTRICCIONES HÍDRICAS SOBRE VIGOR Y PRECOCIDAD EN CEREZOS

Podestá, L.N.¹; E.E. Sánchez ²; R.C. Vallone ^{1,3}; J.A. Morábito ^{1,4} ; M.A. Ojer ¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias-UNCuyo

Almirante Brown 500 - 5505 Mendoza – Argentina- lpodesta@fca.uncu.edu.ar

² E.E.A. INTA Alto Valle

³ E.E.A. INTA Mendoza

⁴ Instituto Nacional del Agua

RESUMEN

La precocidad en cerezos condiciona su rentabilidad. El estrés hídrico moderado poscosecha permitiría controlar vigor y favorecer la producción precoz. Con tal propósito en un monte comercial joven y de alto vigor de cerezos ‘Bing’, plantado en suelo árido poco profundo, y regado por goteo se establecieron distintos regímenes de riego deficitario controlado (RDC) poscosecha durante tres años: T₁ = 100%, T₂ = 75% y T₃ = 50% de ETc full respectivamente. El porcentaje de humedad disponible remanente de suelo de 0-60 cm (%Wd) y el potencial hídrico xilemático del tallo (ψ_t) a mediodía se midieron periódicamente durante la restricción. Cada año se midió longitud de brote, área de sección transversal de tronco (ASTT) y en la primavera siguiente densidad de yemas florales (número de yemas florales en ramas primarias de área transversal conocida), eficiencia productiva (rendimiento. ASTT⁻¹) y parámetros de calidad de frutos: firmeza, contenido de sólidos solubles (CSS), acidez titulable (AT) y defectos de frutos (frutos dobles). El (ψ_t) a mediodía y %Wd diferenciaron los tratamientos de riego los 3 años, siendo el promedio de (ψ_t) -0,68^a, -0,83^b y -1,04^c MPa y de %Wd 89,9^a, 71,7^b y 41,4^c para T₁, T₂ y T₃ respectivamente. El (ψ_t) presentó alta correlación con %Wd ($r^2 = 0,89$).

Luego de tres ciclos de restricción el crecimiento de área de tronco fue reducido en un 6 % (T₂) y 10 % (T₃). En promedio en T₃ la longitud de brotes fue 27 % menor y la densidad de yemas florales y eficiencia productiva fueron 85 % y 57 % mayores respecto de T₁; en ninguna de estas variables se diferenció T₂ de T₁. Se obtuvo alta correlación entre longitud de brotes de crecimiento anual y densidad de yemas florales en ramas productivas ($r^2 = -0,76$). Los parámetros de calidad de frutos: firmeza, CSS, AT no se modificaron con los tratamientos de riego mientras que los frutos dobles sólo aumentaron significativamente en T₃ luego del primer ciclo.

El ahorro de agua luego de tres temporadas de aplicar tratamientos de déficit hídrico en poscosecha fue muy importante: 3520 m³ (T₂) y 7100 m³ (T₃).

Un ajuste preciso del estrés hídrico poscosecha puede ser usado para controlar vigor y promover la fructificación precoz en cerezos. Al mismo tiempo se ahorran importantes cantidades de agua.

INTRODUCCIÓN

En cerezos (*Prunus avium* L.) la precocidad es determinante de la rentabilidad. Plantas con excesivo vigor son poco precoces, poco productivas y de difícil manejo en el cultivo, especialmente durante la poda y cosecha (Long et al., 2005). Una estrategia de control de vigor puede ser el riego deficitario controlado (RDC). En especies frutales y variedades de maduración temprana, el RDC aplicado en poscosecha ha sido útil para controlar el crecimiento vegetativo (Larson et al., 1988; Johnson et al., 1992), y se ha indicado que además aumentó o disminuyó la inducción y diferenciación floral (Proebsting et al., 1981; Mitchell et al., 1984; Larson et al., 1988; Johnson et al., 1992). Estas respuestas diferentes se han atribuido sobre todo al nivel de estrés aplicado; así el estrés moderado aumentaría la densidad de floración y el severo la disminuiría comprometiendo la producción del año siguiente (Johnson et al. 1992).

En cerezo el RDC poscosecha podría favorecer la fructificación precoz. La inducción y diferenciación floral ocurren en verano (Guimond et al., 1998) y las relaciones hídricas que impactan en los procesos de fotosíntesis, asimilación de nutrientes y partición de carbono y nitrógeno, podrían influir en la cantidad y calidad de los meristemas florales en desarrollo (Lang 2005). La respuesta a aplicaciones de RDC poscosecha en cerezos durante varias temporadas es de gran interés, considerando que podrían haber efectos acumulados que afecten la sostenibilidad del cultivo.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto a largo plazo de tratamientos RDC poscosecha sobre el crecimiento vegetativo, la densidad de yemas florales y la eficiencia productiva de plantas jóvenes y vigorosas de cerezos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en un monte comercial de cerezos 'Bing' clon OB 260, injertado sobre MaxMa Delbard 14, ubicado en Mendoza, Argentina (33° 30' 58" S, 69° 12' 27" O, 970 m s.n.m.), plantado a 4,5 m x 3 m en suelo árido con subsuelo pedregoso a partir de 60 cm de profundidad y riego por goteo lateral doble con emisores de 1,55 Lh⁻¹ de caudal, distanciados 80 cm. Sobre plantas de tres años y de alto vigor, se evaluó durante tres ciclos el efecto de diferentes tratamientos de riego poscosecha: T₁= 100%, T₂= 75% y T₃= 50% de la evapotranspiración de cultivo (ET_c full). La demanda de agua del cultivo se calculó de acuerdo a la ET_c estimada por Penman-Monteith y los coeficientes de cultivo estimados para cerezo a partir de FAO 56, modificado por las características agroambientales (Allen et al., 1998) y la consideración de factor de sombreado estacional (Pizarro, 1996). Durante el período de restricción en cada ciclo de cultivo se midió quincenalmente el porcentaje de humedad disponible remanente de suelo a la profundidad de 0-60 cm (%Wd) y el potencial hídrico xilemático del tallo (ψ_t) a mediodía, usando una cámara de presión (modelo Bio Control, Buenos Aires, Argentina) y en la situación de mínimo estado hídrico de las plantas antes del riego, en coincidencia con las determinaciones de %Wd.

Al comenzar el ensayo y antes de la imposición de los tratamientos de riego se midió el perímetro de tronco de los árboles a 30 cm desde el nivel del suelo y se calculó el área de sección transversal de tronco (ASTT), siendo el ASTT promedio 50±2 cm². Al finalizar

cada ciclo de cultivo se repitieron las mediciones de tronco y también se midió el crecimiento longitudinal de 8 brotes terminales y se contó el número de entrenudos en el brote. En la primavera siguiente se evaluó el retorno de floración y el área de sección transversal de rama (ASTR) en 8 ramas sobre el eje central, base sobre la cual se expresaron número total de ramilletes producidos sobre la madera de 5-4-3-2 años, número y densidad de yemas de flor. La cosecha de frutos se realizó según el color de piel determinando rendimiento total de los árboles y eficiencia productiva (rendimiento por cm² de área de sección transversal de tronco). Se estimó el peso medio de los frutos sobre una muestra de 300 frutos por árbol, también se contó el número de frutos dobles.

El diseño experimental fue de bloques al azar, con 5 repeticiones. Se realizó análisis de la varianza (ANOVA) y prueba de comparaciones LSD de Fisher ($p \leq 0,05$), incluyendo transformaciones en los datos provenientes de conteo. Se establecieron correlaciones entre las variables evaluadas. Se utilizó el software estadístico InfoStat, versión 2004 (InfoStat, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Agua aplicada, humedad de suelo y estado hídrico de la planta

Durante el largo periodo de restricción de 160 días, promedio del trienio, T2 y T3 recibieron 85 % y 69 % de agua respecto de T1 (758 mm) respectivamente.

El %Wd diferenció los tratamientos de riego en los tres ciclos vegetativos, aunque se ha indicado que los contenidos de humedad en suelos pedregosos son de relativa utilidad debido a que exhiben una sustancial variabilidad espacial, causada por una irregular distribución de raíces y de parámetros hidráulicos del suelo (Warrick and Nielsen, 1980).

En T1 el %Wd se mantuvo alrededor del 90 % y T3 se diferenció rápidamente de T1 acorde a la baja capacidad de almacenaje del perfil (Figura 1 A).

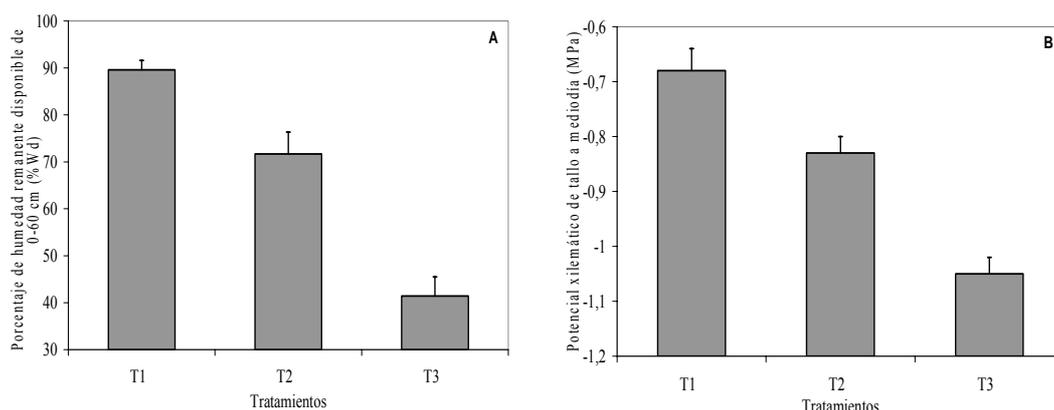
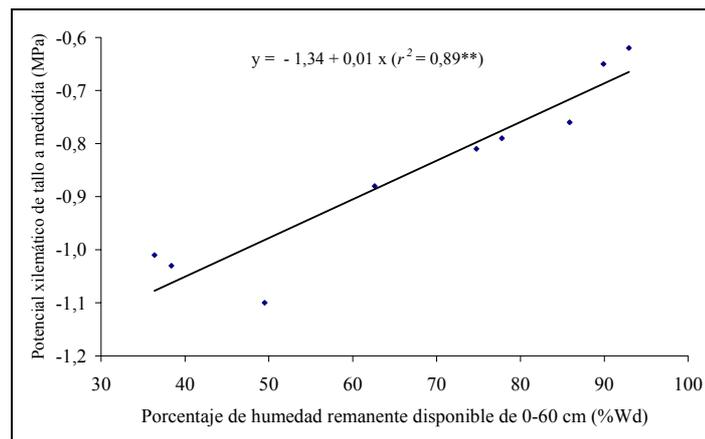


Figura 1. Porcentaje de humedad remanente disponible de 0-60 cm (A) y potencial xilemático de tallo a mediodía (B). Promedio de tres ciclos de ensayo

El ψ_t a mediodía diferenció los tres tratamientos de riego en los tres ciclos de ensayo (Figura 1 B). En T1 los valores de ψ_t a mediodía en pleno verano variaron entre -0,60 y -0,88 MPa (datos no presentados), semejantes a los mencionados con riego completo y en

pleno verano para ciruelos (*Prunus domestica* L.) y almendros (*Prunus amygdalus* Batsch.) (Fulton et al., 2001), y para durazneros (*Prunus persica* L. Batsch.) (DeJong, 1998). En T3 el ψ_t a mediodía alcanzó en pleno verano valores de -1,36 MPa, y en algunas parcelas llegó a valores -1,53 MPa y no se observaron síntomas como amarillamiento o caída de hojas. En cerezos, Dochev et al. (2001) han señalado síntomas de estrés severo a partir de -1,4 MPa de ψ_t a mediodía; y Shackel et al. (1997) encontraron detención del crecimiento de brotes por debajo de -1,5 MPa.

El ψ_t promedio anual presentó una relación linear positiva con el %Wd 1 ($r^2= 0.89$) (Figura 2).



Cada dato es media de 18 mediciones

Figura 2. Relación entre el ψ_t a mediodía y el porcentaje de humedad remanente disponible de 0-60 cm (% Wd)

Los resultados confirman que el ψ_t fue un buen indicador del estado hídrico del sistema suelo-planta, tal como ha sido reportado por otros investigadores (Mc Cutchan and Shackel, 1992; Vallone y Rivero 2003).

Crecimiento vegetativo

Al finalizar cada ciclo vegetativo la longitud promedio de los brotes terminales y el número de entrenudos fue menor en T3 debido a la detención anticipada del crecimiento (Tabla 1). En general, el crecimiento de los brotes fue muy importante en el primer ciclo debido al vigor del monte frutal que aún no había fructificado.

El crecimiento del área de tronco de los árboles luego de los tres años de estudio se redujo 17 % (T3) y 9 % (T2) comparado con el de los árboles de T1, poniendo en evidencia el efecto de la restricción hídrica impuesta a lo largo de las tres temporadas (Tabla 1). La disminución del área de tronco ha sido considerada un indicador claro de disminución de vigor en cerezos (Elfving and Visser, 2005). Respuestas a varios años de déficit hídrico en durazneros tempranos han indicado un efecto mayor sobre el crecimiento diametral de tronco que sobre la longitud de brotes, atribuyéndolo los autores al cese anticipado del crecimiento longitudinal (diciembre) respecto del radial que continuó a través de toda la estación (Garnier and Berger, 1986).

Tabla 1. Efecto del riego deficitario poscosecha sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo de cerezo 'Bing'

Tratamiento Año	T1	T2	T3
Longitud de brotes terminales (cm)			
2006	60 a ^z	53 b	40 c
2007	42 a	39 ab	32 b
2008	44 a	46 a	34 b
Número de entrenudos en los brotes			
2006	29 a	29 a	23 b
2007	20 a	19 ab	16 b
2008	20 a	20 a	17 b
Área de sección transversal de tronco (cm²)			
2006	90 a	87 a	84 a
2007	132 a	129 a	128 a
2008	171 a	161 ab	155 b
Densidad de yemas de flor (número/cm²)			
2006	9,6 a	8,7 a	16,1 b
2007	13,5 a	15,9 a	26,2 b
2008	12,0 a	15,8 ab	22,5 b
Rendimiento (kg/planta)			
2006	7.10 a	5.85 a	9.69 a
2007	4.62 a	5.37 a	8.45 b
2008	10.18 a	8.85 a	15.87 b
Eficiencia productiva (g/cm² ASTT)			
2006	73 a	61 a	102 b
2007	30 a	37 a	57 b
2008	56 a	51 a	91 b

^zSeparación de medias en columnas según Prueba LSD de Fisher ($P \leq 0,05$)

Respuestas en yemas de flor y rendimientos

La densidad de yemas de flor en T3 fue significativamente mayor que en T1 en los tres ciclos de cultivo y el incremento promedio de los tres años fue 84 % (Tabla 1). Se encontró una relación linear negativa entre el crecimiento estacional de los brotes terminales y la densidad de yemas de flor en ramas productivas en la primavera siguiente ($r^2 = 0,76$) (Figura 3).

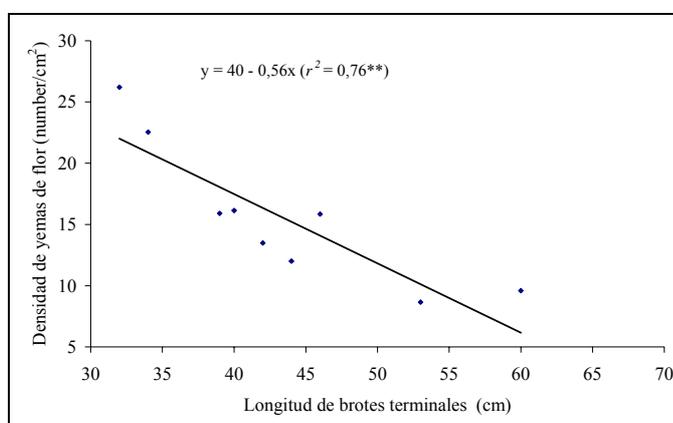


Figura 3. Relación entre densidad de yemas de flor y longitud de brotes terminales. Cada dato es media de 40 mediciones.

Existe evidencia de que hay una fuerte relación inversa entre vigor e iniciación floral, y en condiciones de alto vigor el desarrollo de yemas vegetativas tendría prioridad sobre el de yemas reproductivas (Flore and Layne, 1999). En esta investigación, el déficit hídrico fue impuesto rápidamente a partir del inicio de los tratamientos y la iniciación floral en T3 habría ocurrido en plantas estresadas en las que el vigor fue reducido.

Resultados similares han sido señalados en peral (*Pyrus communis* L.) (Mitchell et al., 1984), manzano (*Malus domestica* Borkh.) (Ebel et al., 1995), duraznero (Larson et al., 1988) y ciruelo (Lampinen et al., 1995). Otros estudios en cambio, han mostrado una inhibición de la producción de flores en duraznero (Proebsting et al., 1981), almendro (Feres et al., 1981) y manzano (Behboudian et al., 1998). Posiblemente estas discrepancias se deban a diferencias entre especies, condiciones climáticas, duración, severidad u oportunidad del estrés (Johnson et al. 1992). En situaciones de déficit severo en cerezo, duraznero y ciruelo, Proebsting et al. (1981) señalaron que aunque los árboles sobrevivieron con 15 % de ETc, no hubo diferenciación de yemas de flor en la estación siguiente.

En el segundo ciclo del ensayo hubo una gran disminución de rendimientos (Tabla 1), causada por un cuaje deficiente debido a condiciones climáticas desfavorables para la polinización. No se encontró una tendencia a una disminución progresiva de los rendimientos.

El peso de los frutos no fue afectado por el estrés hídrico de la estación anterior, y el promedio de los tres ciclos vegetativos en todos los tratamientos fue $8,1 \pm 0,4$ g. Luego del primer año de estrés hídrico el porcentaje de frutos dobles en T3 fue 2,7 %, el triple que se obtuvo en T1. No hubo frutos dobles después del segundo y tercer ciclo. Se ha sugerido que el estrés por temperatura durante el verano previo es el factor crítico en la formación de pistilos dobles en cerezas (Beppu y Kataoka, 1999). En esta investigación las temperaturas máximas promedio durante el primer ciclo fueron muy altas (datos no presentados) y el estrés en T3 pudo aumentar aún más la temperatura de la canopia.

Se ha señalado que el nivel hormonal y el balance de asimilados de las plantas es afectado por el estrés hídrico (Bradford and Hsiao, 1982; Davies & Zhang, 1991) y el aumento de yemas de flor podría deberse a diferencias en el contenido de carbohidratos (Zamski & Schaeffer, 1996), nivel de nutrientes (Schulze, 1986), nivel hormonal (Tardieu, 1996), o a una combinación de factores (Larson et al., 1988). Los resultados sugieren que diferentes órganos, tejidos y procesos fisiológicos (como iniciación floral) pueden responder con más o menos sensibilidad al potencial hídrico de las plantas o a lo mejor tienen umbrales que pueden ser manipulados precisamente a través de la regulación del déficit hídrico. Una mayor investigación sobre los efectos del estrés hídrico en frutales podría enfocarse sobre la producción de hormonas en las raíces.

CONCLUSIONES

Luego de tres años de imposición de restricciones hídricas moderadas poscosecha en plantas jóvenes de cerezo, disminuyó el crecimiento vegetativo, fue menor el área de sección de tronco y aumentó la densidad de yemas de flor, resultando en una mayor eficiencia productiva. La efectividad del estrés varió con la intensidad del déficit.

En situaciones de alto vigor, como ocurre en plantaciones jóvenes y cultivares vigorosas, y especialmente en zonas con largas estaciones de crecimiento, la aplicación de RDC en el período poscosecha proveería de una estrategia de manejo para controlar el vigor excesivo y estimular una fructificación precoz, generando al mismo tiempo importantes ahorros de agua en finca.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Cuyo, a la empresa Salentein Fruit B.V y a la EEA INTA Mendoza por la financiación de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R.;L. Pereira; D. Raes; M. Smith.** (1998). *Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements*. FAO, Irrigation and Drainage paper 56. Rome, Italy. 300 p.
- Behboudian, M.H.; J. Dixon; Kalpana Pothamshetty.** (1998). *Plant and fruit responses of lysimeter-grown 'Braeburn' apple to deficit irrigation*. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 73(6): 781-785.
- Bradford, K.J.; T. C. Hsiao** (1982). *Physiological responses to moderate water stress*, p. 236-324. En: O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond, H. Ziegler (eds.) *Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation*. *Encycl. Plant Physiol.* Vol. 12b. Springer- Verlag, New York
- Davies W.J.; J. Zhang** (1991). Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Vol 42. Briggs, W.R. Jones, R.L., and Walbot, V., Eds., *Annula Review*, Palo Alto, 55.
- Dejong, T.M.** (1998). Using organ growth potentials to identify physiological and horticultural limitations to yield. *Proc. Fourth Intern. Peach Symposium Acta Hort.* 465: 293-302.
- Dochev,D; V. Djouvinov; M. Gospodinova; K. Kolev; P. Boxus; V. Kerin; Z. Zlatev; N. Vichev; I. Kirkova; G. Stoimenov** (2001). Possibilities for water status evaluation of young cherry trees (*Prunus avium* L.) on clonal rootstock GM9 by means of some physiological markers. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 7(2): 207-211.
- Ebel, R. C.; E. L. Proebsting; R. G. Evans** (1995). *Deficit irrigation to control vegetative growth in apple and monitoring fruit growth to schedule irrigation*. *HortScience* 30:1229-1232.
- Elfving, D. C.; D. B. Visser** (2005). Effects of Prohexadione-Calcium and Ethephon on growth and flowering of 'Bing' sweet cherry. *Acta Hort.* 667:439-446.
- Fereres, E.; T. M. Aldrich; H. Schulbach; D. A. Martinich** (1981). *Responses of young almond trees to late season drought*. *Calif. Agr.* 35 (7-8): 11-12.
- Flore, J.A.; D. R. Layne** (1999). *Photoassimilate production and distribution in cherry*. *HortScience* 34(6): 1015-1019.
- Fulton, A.; R. Buchner; B. Olson; L. Schwankl; C. Gilles; N. Bertagna.; J. Walton; K. Shackel** (2001). *Rapid equilibration of leaf and stem water potential under field conditions in almonds, walnuts and prunes*. *Hort Technology* 11(4): 609-615.
- Garnier, E.; A. Berger** (1986). *Effect of water stress on stem diameter changes of peach trees growing in the field*. *J. Applied Ecol.* 23: 193-209.
- Guimond, C.M.; P. K. Andrews.; G. A. Lang** (1998). *Scanning electron microscopy of floral initiation in sweet cherry*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 123: 509-512.

- Infostat.** 2004. InfoStat, versión 2004. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Johnson, R.S.; D. F. Handley; T. M. De Jong** (1992). *Long-term response of early maturing peach trees to postharvest water deficits*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(6):881-886.
- Lampinen, B.; K. Shackel; S. Southwick; B. Olson; J. Yeager; D. Goldhamer** (1995). *Sensitivity of yield and fruit quality of French Prune to water deprivation at different fruit growth stages*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 139-147.
- Lang, G.A.** (2005). Underlying principles of high density sweet cherry production. Acta Hort. 667:325-335.
- Larson, K.D.; T. M. Dejong; R. S. Johnson** (1988). *Physiological and growth responses of mature peach trees to postharvest water stress*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(3):296-300.
- Long, L.E.; T. Facteau; R. Nuñez-Elisea; H. Cahn** (2005). Developments in high density cherries in the USA. Acta Hort. 667:303-309.
- Mc Cutchan, H.; K. A. Shackel** (1992). Stem-water potential as a sensitive indicator of water stress in prune trees (*Prunus domestica* L.) cv. French. J. Am. Soc. Hort. Sci. 117:607-11.
- Mitchell, P.D.; P. H. Jerie; D. J. Chalmers** (1984). *The effects of regulated water deficits on pear tree growth, flowering, fruit growth and yield*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(5):604-606.
- Pizarro, F.** (1996). Riegos localizados de alta frecuencia. Goteo, microaspersión y exudación. 3° Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 513 p.
- Proebsting, E.L., P. H. Jerie; J. Irving** (1989). *Water deficits and rooting volume modify peach tree growth and water relations*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 16:243-246.
- Proebsting, E. Jr.; J. E. Middleton; M. O. Mahan** (1981). *Performance of bearing cherry and prune trees under very low irrigation rates*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 16:243-246.
- Schulze, E.D.** (1986). Whole-plant responses in drought. Aus. J. Plant Physiol. 13: 127-41.
- Shackel, K.; H. Ahmadi; W. Biasi; R. Buchner; D. Goldhamer; S. Gurusinghe; J. Hasey; D. Kester; B. Krueger; B. Lampinen; G. McGourty; W. Micke; E. Mitcham; B. Olson; K. Pelletrau; H. Philips; D. Ramos; L. Schwankl; S. Sibbett; R. Snyder; S. Southwick; M. Stevenson; M. Thorpe; S. Weinbaum J. Yeager** (1997). *Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees*. Hort Technology 7(1): 23-29.
- Tardieu, F.** (1996). Drought perception by plants. Do cell of droughted plants experience water stress? 1996. Plant Growth regulation 20: 93-104.
- Vallone, R.C.; J. Riveros** (2003). *Oportunidad de riego en frutales determinada a través de indicadores biológicos*. Jornadas de Riego-CIAM, Mendoza, Argentina. 22 de agosto 2003. 12 p.
- Warrick, A.W.; D. R. Nielsen** (1980). *Spatial variability of soil physical properties in the field*. En: D. Hillel (ed.). Applications of soil physics. Academic press, New York. p. 319-344.
- Zamski, E.; A. A. Schaeffer** (1996). *Photoassimilate distribution in plant and crops: source-sink relationships*. Marcel Dekker, Inc. New York. ISBN 0-8247-9440-0.