

Efecto del riego deficitario controlado sobre el crecimiento vegetativo en plantaciones jóvenes de cerezo (*Prunus avium* L.)

Effect of water deficit irrigation on vegetative growth of young cheery trees (*Prunus avium* L.)

Lidia Podestá ¹
Enrique Sánchez ²

Rosana Vallone ^{1,3}
José A. Morábito ^{1,4}

Originales: Recepción: 21/09/2009 - Aceptación: 29/11/2009

RESUMEN

En cerezo, plantas con excesivo vigor son poco precoces, poco productivas y de difícil manejo. El exceso de vigor podría ser controlado con estrategias de riego deficitario controlado (RDC). Durante dos años se realizó un ensayo de RDC en un monte frutal comercial joven y de alto vigor de cerezos Bing, plantado en suelo árido poco profundo y regado por goteo. Se evaluó la respuesta a distintos regímenes de riego sobre el crecimiento de brotes terminales y vigorosos, área y peso seco foliar, y crecimiento de tronco. Los tratamientos de riego fueron: T1 = 100%, T2 = 75% y T3 = 50% de la evapotranspiración máxima (ETc full), respectivamente. Se midió periódicamente el estado hídrico de la planta a través del potencial agua del tallo a mediodía y el estado hídrico del suelo mediante gravimetría. En T3 disminuyó la longitud de brotes, número y longitud de entrenudos, número de hojas, área foliar y peso seco foliar, y área de tronco. En T2 disminuyó la longitud de brotes y entrenudos y el área de sección de tronco. El potencial hídrico del

ABSTRACT

Vigorous cherry tree orchards are less precocious and productive, and difficult to manage. Regulated deficit irrigation (RDI) can be used as a strategy to control excessive vigor. In order to evaluate vegetative growth a two year RDI experiment was conducted in a commercial Bing sweet cherry orchard, planted in dry shallow soil with drip irrigation. The treatments were as follows: T1 = 100%, T2 = 75% and T3 = 50% of full ETc. Terminal and vigorous shoot length, leaf area, leaf dry weight and trunk cross-sectional area were evaluated. Plant water status was periodically measured by midday stem water potential and soil water content by gravimetric techniques. In T3 shoot length, number and length of internodes, number, area, and dry weight of leaves, and trunk area significantly decreased. In T2 shoot, internode and trunk area growth decreased, but the other variables were less affected. Midday stem water potential resulted a good indicator of plant water status. In cheery orchards a carefully managed RDI can be used to control vigor, saving significant amounts of water at the same time.

- 1 Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Alte. Brown 500. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina. M5528AHB. lpodesta@fca.uncu.edu.ar
- 2 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Ruta Nacional 22 Km 1190. (8332) Allen. Río Negro. Argentina.
- 3 INTA EEA Mendoza. San Martín 3853. Mayor Drummond. Mendoza. Argentina. M5507EVY.
- 4 Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Andino (INA-CRA). Belgrano Oeste 210. Mendoza. Argentina. M5500FIF.

tallo a mediodía fue un buen indicador del estado hídrico de las plantas. En cerezos, un ajuste preciso del nivel de restricción hídrica puede ser una estrategia de manejo para controlar vigor y para ahorrar importantes cantidades de agua.

Palabras clave

déficit hídrico, *Prunus*, cerezos, vigor, crecimiento

Keywords

deficit irrigation, *Prunus*, cherries, vigor, vegetative growth

INTRODUCCIÓN

En Argentina, a partir de 1998 se han desarrollado nuevas zonas de producción de cerezos y la superficie cultivada ha tenido un crecimiento sostenido (17). La mayor superficie cultivada con cerezos se encuentra en los valles de la provincia de Mendoza, una región en el centro oeste de Argentina, caracterizada por altas temperaturas de verano y escasas precipitaciones (380 mm anuales); consecuentemente, la productividad de las plantaciones depende en gran medida de una irrigación adecuada.

En cerezo el período de crecimiento y desarrollo de los frutos es muy corto, comparado con el período de crecimiento vegetativo y en Mendoza la cosecha se realiza antes de la época más calurosa del verano. Las plantas siguen vegetando hasta el otoño, durante un período que se extiende por alrededor de 150 días; esto implica que aproximadamente el 80% de la evapotranspiración estacional del cerezo ocurre después de la cosecha. Esta característica hace que en esta especie sea particularmente importante controlar el crecimiento vegetativo del árbol. Plantas con excesivo vigor son poco precoces, poco productivas y de difícil manejo en el cultivo, especialmente durante la poda y cosecha (21), lo cual compromete la rentabilidad del monte frutal.

Una estrategia posible de control de crecimiento es el uso del riego deficitario controlado (RDC), que consiste en imponer períodos de déficit hídrico estacional que resulten en algún beneficio económico (3). En frutales el RDC ha sido utilizado principalmente para el control del crecimiento vegetativo vigoroso. Aplicado durante el período de crecimiento lento del fruto y mientras el crecimiento de brotes es rápido controla el vigor, y a veces puede aumentar los rendimientos (3, 19, 23). En variedades de duraznero de maduración temprana, que tienen crecimientos vigorosos después de la época de cosecha, el RDC en poscosecha también ha sido útil para el control de crecimiento vegetativo excesivo (19, 20). En plantaciones de cerezo en producción es deseable mantener un estado hídrico de la planta adecuado y estable durante todo el período en que el fruto se encuentra en el árbol, para que el tamaño del fruto sea máximo. Se ha indicado que en cerezos el calibre de los frutos es uno de los parámetros más importantes de calidad y determinante del precio de venta (25).

La aplicación de cantidades reducidas de agua a través de riego deficitario controlado (RDC) en el período poscosecha en cerezos podría proveer una estrategia de manejo, sobre todo durante los primeros años de la plantación para controlar el vigor excesivo, generando al mismo tiempo importantes ahorros de agua. Sin em-

bargo, se ha señalado la conveniencia de controlar con precisión el nivel de estrés. Situaciones de estrés severo y prolongado en frutales afectaron la actividad fotosintética y el crecimiento de brotes (19, 20); la inducción y diferenciación floral (26) y los rendimientos (19), y hasta se ha indicado defoliación prematura (10). El potencial hídrico del tallo a mediodía (ψ_t) ha sido mencionado como un indicador sensible de estrés hídrico en diversas especies frutales (22). Se ha indicado que en cerezo los brotes detuvieron su crecimiento cuando el potencial xilemático a mediodía alcanzó -1,5 a -1,7 MPa (29).

En las nuevas plantaciones se han introducido tecnologías de cultivo innovadoras (portainjertos, variedades, densidad de plantación, sistemas de conducción y poda), desarrolladas en otras zonas productoras del mundo (7, 11) y se han incorporado métodos de riego localizados presurizados (goteo o microaspersión) que tienen mayores eficiencias y posibilidades de control que los métodos de riego gravitacional tradicionalmente usados. Por otro lado, hay una demanda creciente del recurso hídrico para riego y una necesidad de maximizar su uso para la agricultura.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del estrés hídrico moderado sobre el crecimiento vegetativo de plantas jóvenes de cerezo. En zonas áridas y con largas estaciones de crecimiento, como la provincia de Mendoza, las estrategias de RDC poscosecha en cerezo podrían ser utilizadas como herramienta para controlar vigor, generando además importantes ahorros de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio

El estudio se llevó a cabo durante dos ciclos vegetativos (2005-06 y 2006-07) en un monte comercial de cerezos cultivar Bing clon OB 260, ubicado en la localidad de Agua Amarga del departamento de Tunuyán, provincia de Mendoza, Argentina (33° 30' 58" S, 69° 12' 27" O, 970 m.s.n.m.), sobre árboles que al inicio del ensayo tenían tres años y alto vigor, injertados sobre MaxMa 14, plantados a 4,5 m entre hileras por 3 m entre plantas y con Lapins, Van, Newstar y Giorgia como cultivares polinizadoras.

El suelo es un Torrifluent típico arenoso a franco arenoso, con subsuelo pedregoso a profundidad variable a partir de 60 cm de profundidad y con las siguientes características: densidad aparente promedio 1,373 g.cm⁻³, capacidad de campo promedio 12,8 g%g (n=2), punto de marchitamiento permanente 3,2 g%g, agua disponible 9,6 g%g y CE del extracto de saturación 556 ($\mu\text{S.cm}^{-1}$). El volumen de exploración radical fue de 2,47 m³ y se estimó luego de descalzar el sistema radical de cuatro plantas y analizar el patrón de distribución de sus raíces, clasificándolas en raíces finas (de extensión menor de 2 mm de diámetro) y raíces permanentes (2-4 mm de extensión) (30) hasta los 100 cm de profundidad.

La precipitación media anual en la zona es de 430 mm, y las lluvias se concentran principalmente durante primavera-verano.

Riego

El método de riego de la plantación es goteo, con dos laterales por hilera y emisores de $1,55 \text{ Lh}^{-1}$ de caudal, distanciados 80 cm. La CE del agua de riego fue de $470 \mu\text{S/cm}$ a 25°C , calificada 'sin problemas de salinidad' según el criterio de FAO (2). La demanda de agua del cultivo se calculó de acuerdo con la evapotranspiración de cultivo estimada por Penman-Monteith y los coeficientes de cultivo (K_c) estimados para cerezo a partir de FAO 56, modificados por las características agroambientales (1) y la consideración de un coeficiente de reducción según el sombreado estacional (24). Los requerimientos diarios de riego se calcularon teniendo en cuenta la precipitación efectiva, calculada a través de una ecuación recomendada para climas áridos (6). También se consideró una eficiencia de 0,9 del método de riego por goteo.

Tratamientos

Desde brotación (octubre) hasta la fecha de cosecha (noviembre-diciembre) todas las plantas recibieron riego equivalente a 100% de la ET_c . A partir del 23 de noviembre en el ciclo 2005-06 (fecha estimada de cosecha ya que la plantación aún no había fructificado) y del 5 de diciembre en el ciclo 2006-07 y hasta caída de hojas en otoño, se impusieron tres tratamientos de riego: testigo con riego a demanda plena ($T1 = ET_c$ 100%) y RDC reponiendo el 75% ET_c ($T2 = ET_c$ 75%) y 50% ($T3 = ET_c$ 50%). La humedad del suelo de $T1$ se mantuvo en el bulbo húmedo al 80-85% de capacidad de campo y el intervalo de riego fue de uno-dos días.

El diseño experimental fue de cinco bloques completamente al azar, siendo la cultivar polinizadora el factor de bloqueo. La unidad experimental estuvo constituida por diez plantas de bordura y dos árboles de medición.

Mediciones de humedad de suelo y de estado hídrico de la planta

La humedad de suelo se midió por gravimetría en dos muestras por tratamiento tomadas a 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm de profundidad y las mediciones se realizaron periódicamente desde noviembre hasta abril. En dos plantas por parcela se midió el potencial hídrico xilemático (ψ_x) a mediodía (27), en dos hojas de brindillas situadas en áreas sombreadas y en la zona media de la planta con cámara de presión (modelo Bio Control, Buenos Aires, Argentina), siguiendo la técnica descrita por Shackel (28). Las mediciones se realizaron semanalmente en el primer ciclo y quincenalmente en el segundo, y antes del riego, en coincidencia con las determinaciones de humedad del suelo, de tal manera que las plantas presentaban el valor máximo de estrés.

Mediciones de crecimiento vegetativo

En cada ciclo vegetativo en los dos árboles de medición de cada parcela se identificaron cuatro brotes en el extremo de las ramas primarias (brotes terminales) y dos brotes sobre el eje central (brotes de crecimiento vigoroso o 'chupones'). En la fecha de imposición de los tratamientos de riego en cada brote se marcó el ápice vegetativo, para identificar el crecimiento producido a partir de la imposición de los mismos y al final de la estación de crecimiento se estableció la longitud total de brotes. En el primer ciclo además se midió semanalmente la longitud de los brotes terminales

y vigorosos marcados, comenzando 16 días después de inicio de brotación (19 de octubre) y hasta el comienzo de coloración otoñal de las hojas (7 de abril), y se calculó la tasa semanal de crecimiento de brotes.

Cada año en la porción del crecimiento vegetativo producido a partir de la imposición de los tratamientos de los brotes terminales se contó el número de entrenudos, y se calculó su longitud promedio. En la primera temporada además se contó el número de hojas, se extrajeron las hojas y se midió el área foliar con un medidor de área foliar (modelo Li-3000, Li-Cor Inc., Lincoln, Nebraska, USA) con accesorio banda transparente Modelo Li-3050 A Li-Cor Inc. También se midió el peso seco foliar, para lo cual las muestras de hojas se secaron en estufa con corriente de aire forzado a 65°C durante 72 horas y se pesaron con balanza electrónica con sensibilidad 0,1 g. Se calculó el área, el peso seco y el peso específico foliar promedio por hoja.

Antes de la brotación de cada ciclo vegetativo, en la fecha en que comenzó la imposición de RDC y luego de caída de hojas en dos árboles por parcela se midió el perímetro de tronco a 30 cm desde el nivel del suelo y se calculó el área de sección transversal del tronco. En un árbol por parcela se midió en el invierno el crecimiento longitudinal de todos los brotes producido durante cada ciclo de cultivo.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante análisis de la varianza incluyendo transformaciones raíz cuadrada y logaritmo natural cuando fue necesario y prueba de comparaciones LSD de Fisher ($p \leq 0,05$). Para los datos de crecimiento se usó análisis de la varianza para medidas repetidas y test de comparaciones de vectores medios de Hotteling. Se utilizó el software estadístico InfoStat (18).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riego

La lámina de agua recibida en cada tratamiento de riego fue de 675, 546 y 417 mm en el primer ciclo de cultivo, y 833, 709 y 587 mm en el segundo ciclo de cultivo para T1, T2 y T3, respectivamente (figura 1a - 1b, pág. 78). Las precipitaciones efectivas durante el ciclo de cultivo fueron escasas en ambas temporadas (46 mm y 81 mm, respectivamente), y se concentraron en febrero y marzo, aunque en el segundo ciclo también ocurrieron en noviembre. Si bien se ha mencionado que la lluvia puede suplir parte del requerimiento hídrico de los cultivos, normalmente en zonas áridas es casi despreciable.

Los tratamientos de RDC fueron impuestos a partir del 23 de noviembre en el primer año y a partir del 5 de diciembre en el segundo año. En cada ciclo hasta la fecha de inicio de RDC todas las parcelas recibieron los mismos volúmenes de agua (figura 1a - 1b, pág. 78). La lámina de agua (riego + precipitación efectiva) acumulada recibida en el tratamiento testigo, fue mayor en el segundo ciclo, en correspondencia con un aumento del volumen de la canopia y una mayor superficie foliar que intercepta la radiación (24).

Si se considera el total de agua recibida (riego y precipitación efectiva), los tratamientos T2 y T3 recibieron el 81 y 62% del agua total de T1 en el primer ciclo y el 85 y 70% del agua total de T1 en el segundo ciclo. Estos porcentajes significaron luego de dos años un ahorro de agua de 2520 m³.ha⁻¹ en T2 y 5050 m³.ha⁻¹ en T3 con respecto a T1.

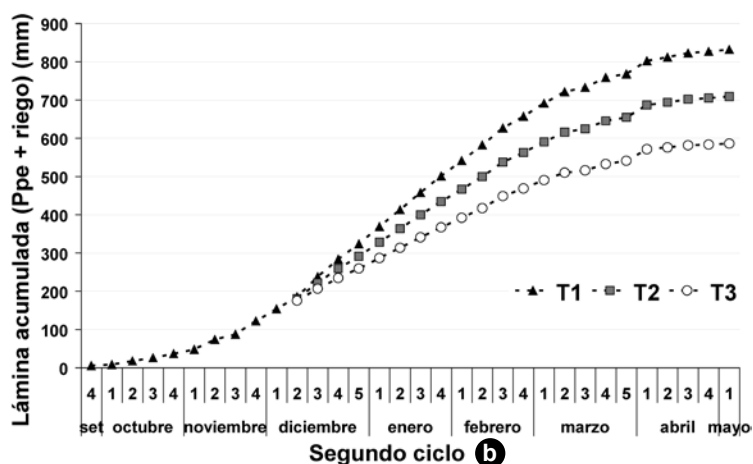
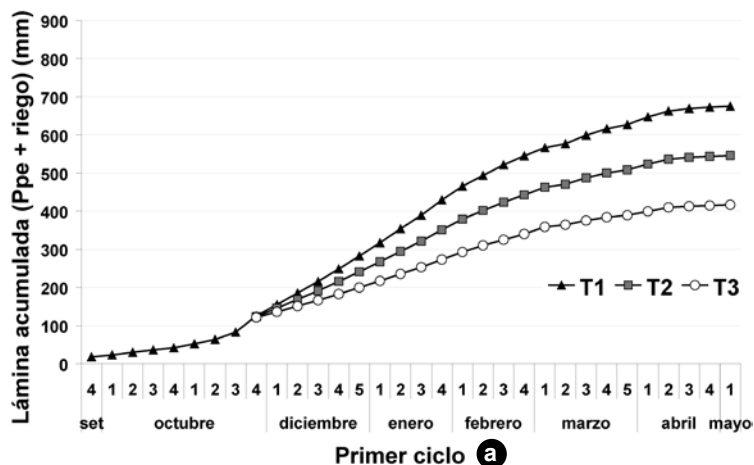


Figura 1. Agua acumulada (riego + precipitación efectiva) en los tratamientos de riego en el primer ciclo (a) y segundo ciclo (b) del ensayo.

Figure 1. Water applied (irrigation + effective rainfall) during irrigation treatments in the first (a) and second (b) trial cycles.

Humedad de suelo y estado hídrico de la planta

La humedad aprovechable remanente promedio en la profundidad 0-60 cm durante todo el período de restricción diferenció los tres tratamientos de riego en ambos ciclos vegetativos, como resultado de los regímenes de riego planteados en la metodología (tabla 1, pág. 79).

Tabla 1. Humedad remanente disponible en los tratamientos de riego. Promedio en el total del perfil.

Table 1. Available water remaining in irrigation treatments. Average at the whole profile.

Humedad remanente disponible promedio (%)		
Tratamientos	Primer ciclo ^z	Segundo ciclo ^y
T1	88,5 a ^x	92,7 a
T2	64,6 b	80,2 b
T3	37,5 c	39,6 c

^z Promedio de mediciones de 9 fechas.

^y Promedio de mediciones de 6 fechas.

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

La evolución de la humedad del suelo durante el período de restricción, promediando las tres profundidades de muestreo, da cuenta de la diferencia de disponibilidad de agua entre los tratamientos impuestos en ambos ciclos (figura 2a - 2b, pág. 80).

En T1 la humedad se mantuvo cercana a capacidad de campo, previo ajuste de la frecuencia de riego a aplicaciones diarias en los meses de alta evapotranspiración (figura 2a - 2b, pág. 80).

La humedad de T3 se diferenció de la de T1 desde la primera fecha de medición, que se realizó una semana después a partir de la imposición de los tratamientos, indicando una rápida respuesta al déficit hídrico acorde a la baja capacidad de almacenaje del perfil. En algunas fechas de medición en el primer ciclo, el contenido de humedad de T3 fue extremadamente bajo, cercano a la capacidad de marchitamiento permanente (figura 2a, pág. 80).

Se ha considerado que los contenidos de humedad gravimétrica en suelos pedregosos son de utilidad relativa ya que las mediciones de agua del suelo exhiben una sustancial variabilidad espacial, atribuida a una irregular distribución de raíces, que dificulta la elección de la zona donde monitorear el estatus de agua, y a una gran variación espacial de parámetros hidráulicos del suelo, especialmente en montes con riego por goteo (32), y se ha recomendado complementar las mediciones de humedad de suelo con mediciones del estado hídrico en la planta (22).

El estado hídrico de las plantas medido a través de ψ_t a lo largo de la estación en todos los tratamientos disminuyó a medida que aumentaron las temperaturas durante el verano en ambos ciclos vegetativos (figura 3a - 3b, pág. 81). La intensidad del estrés fue mayor en diciembre y enero, en correspondencia con una demanda atmosférica alta.

Otros trabajos también han constatado incluso en árboles bien regados una disminución del potencial hídrico en épocas de alta temperatura y baja humedad relativa en verano (29).

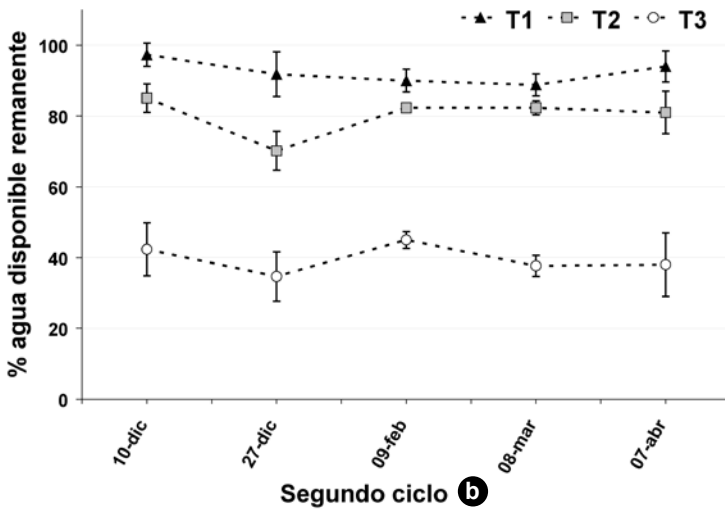
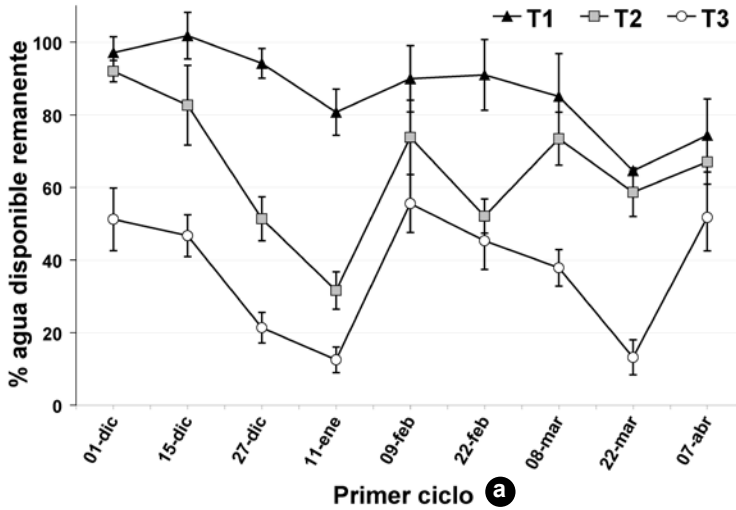


Figura 2. Humedad disponible remanente a la profundidad de 0-60 durante la imposición de los tratamientos de riego en el primer ciclo (a) y segundo ciclo (b). Los símbolos representan la media de 6 mediciones. Barras verticales indican error estándar de las medias, barras no visibles están dentro del área del símbolo.

Figure 2. Available water remaining at 0-60 cm during irrigation treatments in the first (a) and second (b) cycles. Symbols represent means of six measurements. Bars indicate SE, where not shown SE bars are within the area of the symbol.

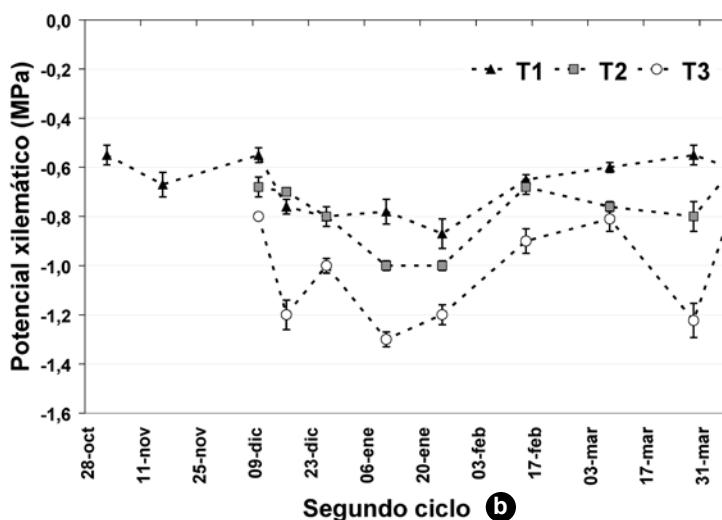
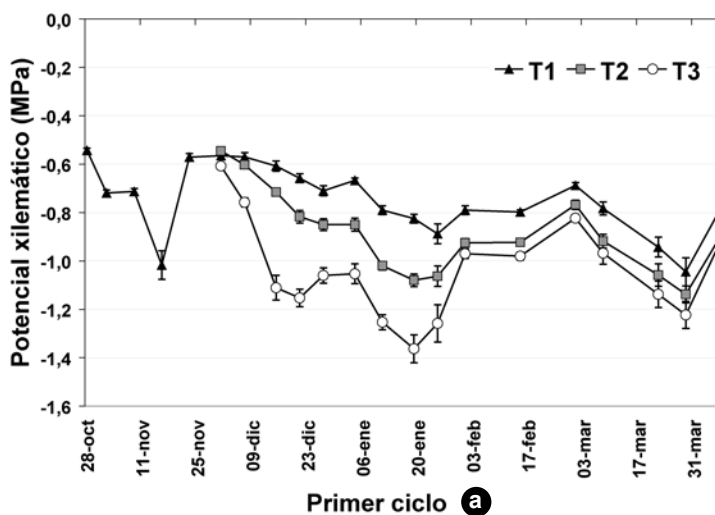


Figura 3. Variación estacional del potencial tallo a mediodía de cerezos Bing durante la imposición de los tratamientos de riego en el primer ciclo (a) y segundo ciclo (b). Los símbolos representan la media de diez mediciones. Barras verticales indican error estándar de las medias, barras no visibles están dentro del área del símbolo.

Figure 3. Seasonal mid-day patterns of stem water potential in response to irrigation treatments in Bing cherry trees during first (a) and second (b) year. Symbols represent means of ten measurements. Bars indicate SE, where not shown SE bars are within the area of the symbol.

En este ensayo en cerezos los valores de ψ_t con riego completo (T1) en pleno verano variaron entre -0,6 y -0,9 MPa, semejantes a los mencionados en California para durazneros con riego completo y en pleno verano (-0,8 MPa) (8).

En cerezos en condiciones de riego completo se han reportado valores de potencial foliar al mediodía del orden de -1,4 MPa (26) y de potencial tallo a mediodía (ψ_t) entre -0,89 y -0,94 MPa en las cultivares Lapins, Summit y Celeste (13). En T3, de mayor estrés, en pleno verano se alcanzó valores de ψ_t -1,36 MPa, y en algunas parcelas llegó a valores -1,53 MPa sin observarse síntomas como amarillamiento o caída de hojas, aunque en cerezo se han indicado efectos de estrés severo a partir de valores de ψ_t a mediodía de -1,4 MPa (9) y detención de crecimiento vegetativo por debajo de -1,5 MPa (29).

Los resultados de este ensayo confirman que el ψ_t fue un buen indicador del estado hídrico del sistema suelo-planta, tal como ha sido reportado por otros investigadores (22).

El ψ_t promedio de las plantas durante todo el período de restricción luego de dos años fue 0,12 MPa menor en T2 y 0,25 MPa menor en T3 con respecto a T1 en el primer ciclo, y 0,14 MPa menor en T2 y 0,38 MPa menor en T3 en el segundo ciclo (tabla 2).

Las mediciones realizadas en pleno período de crecimiento de brotes presentan diferencias mayores, de hasta 0,5 MPa, obteniéndose potenciales más negativos en el tratamiento más estresado (figura 2a - 2b, pág. 80).

Tabla 2. Potencial hídrico xilemático a mediodía de plantas de cerezo Bing. Promedio del período de imposición de los tratamientos de riego.

Table 2. Midday stem water potential in Bing cherry trees. Average of the irrigation treatments period.

Humedad remanente disponible promedio (%)		
Tratamientos	Primer ciclo ^z	Segundo ciclo ^y
T1	88,5 a ^x	92,7 a
T2	64,6 b	80,2 b
T3	37,5 c	39,6 c

^z Promedio de mediciones de 17 fechas.

^y Promedio de mediciones de 9 fechas.

^x Separación de medias según Prueba LSD de Fisher ($P \leq 0,05$).

El potencial xilemático promedio presentó una relación lineal positiva con la humedad disponible remanente y en el rango de valores evaluado se ajustó una regresión lineal ($r^2 = 0,72$) (figura 4, pág. 83).

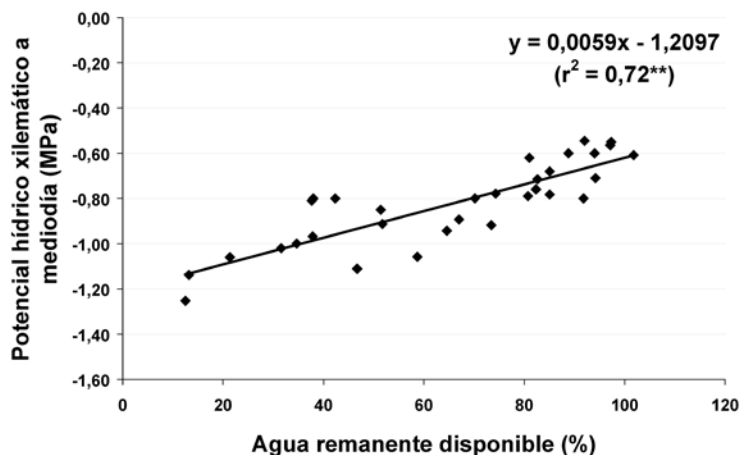


Figura 4. Relación entre el potencial xilemático a mediodía y el porcentaje de humedad remanente disponible. Cada dato es la media de seis mediciones.

Figure 4. Relationship of mid-day stem water potential to percentage of remaining soil moisture. Each data point is mean of six measurements.

Crecimiento vegetativo

En el primer ciclo el período de crecimiento de brotes fue de 120 días, y la elongación se detuvo a principios de febrero, tanto en brotes terminales como vigorosos (figura 5a - 5b, pág. 84), cuando se formó la yema terminal.

En los primeros 60 días los brotes crecieron 2/3 de su crecimiento total. La velocidad de crecimiento fue máxima en noviembre, antes de imponer los tratamientos de RDC (1 cm.día⁻¹ en brotes terminales y 1,6 cm.día⁻¹ en brotes vigorosos) (figura 6a - 6b, pág. 85); aun así, ambos tratamientos de déficit hídrico redujeron el crecimiento de brotes (figura 5a - 5b, pág. 84).

Elfving y Visser (12), en una plantación de tres años de cerezo Bing/Mazzard, obtuvieron un perfil de crecimiento similar al de T1 en este ensayo.

Ambos tratamientos de déficit hídrico disminuyeron la tasa de crecimiento de brotes terminales, en cambio el crecimiento de brotes vigorosos sólo fue controlado por la mayor restricción hídrica (T3).

En T3 el crecimiento de brotes terminales disminuyó abruptamente a partir de la primera semana desde imposición del RDC y se detuvo anticipadamente (figura 4 y 5 a, pág. 84). La escasa capacidad de almacenaje de agua del perfil del suelo facilitó el establecimiento rápido del déficit hídrico.

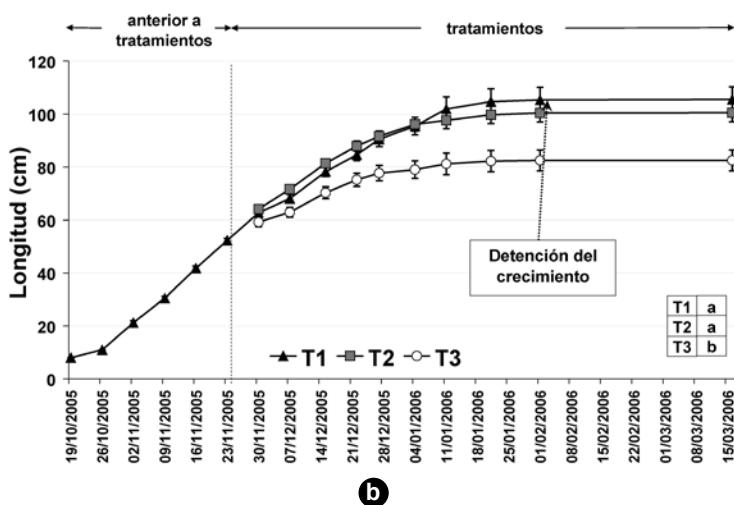
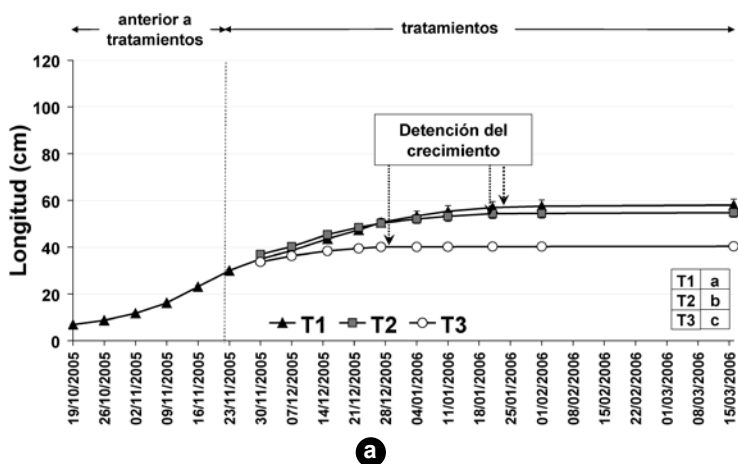
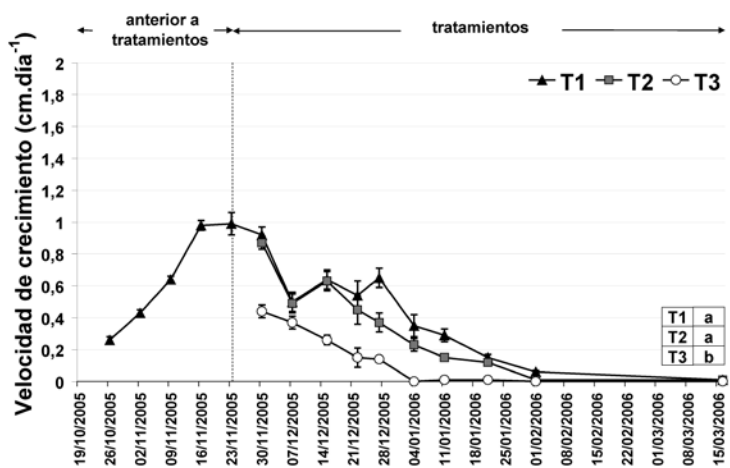
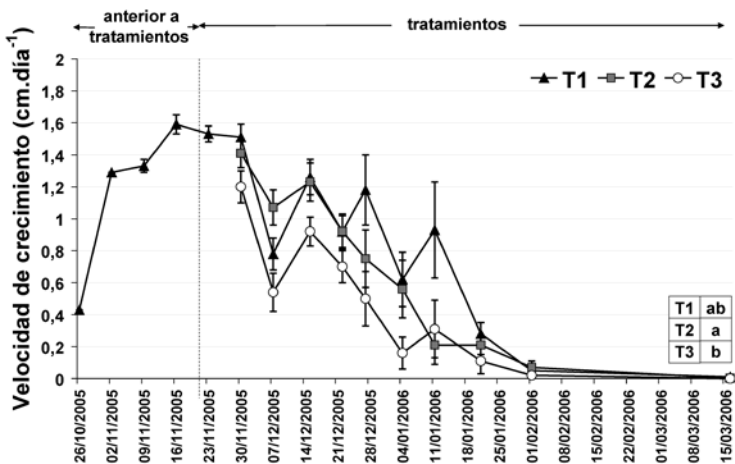


Figura 5. Crecimiento estacional de brotes de cerezo Bing de los tratamientos de riego en el primer ciclo del ensayo a) brotes terminales, b) brotes vigorosos ('chupones'). Los símbolos representan la media de 40 brotes (a) y 20 brotes (b). Barras verticales indican error estándar de las medias, barras no visibles están dentro del área del símbolo. Separación de perfiles de crecimiento según prueba de Hotelling ($P \leq 0,05$).

Figure 5. Seasonal shoot length in Bing cherry trees under the irrigation treatments during the first cycle a) terminal shoots b) vigorous shoots. Symbols represent means of 40 shoots (a) and 20 shoots (b). Bars indicate SE, where not shown SE bars are within the area of the symbol. Comparison of shoot length by Hottelling Test ($P \leq 0.05$).



a



b

Figura 6. Tasa de crecimiento estacional de brotes de cerezo Bing de los tratamientos de riego en el primer ciclo del ensayo a) brotes terminales, b) brotes vigorosos ('chupones'). Los símbolos representan la media de 40 brotes (a) y 20 brotes (b). Barras verticales indican error estándar de las medias, barras no visibles están dentro del área del símbolo. Separación de perfiles de crecimiento según prueba de Hotelling ($P \leq 0,05$).

Figure 6. Seasonal shoot growth rate in Bing cherry trees under the irrigation treatments during the first cycle a) terminal shoots b) vigorous shoots. Symbols represent means of 40 shoots (a) and 20 shoots (b). Bars indicate SE, where not shown SE bars are within the area of the symbol. Comparison of shoot length by Hottelling Test ($P \leq 0.05$).

En ambas temporadas el crecimiento de los brotes de T1 fue importante, tanto en el primer ciclo -cuando aún no había frutos- como en el segundo, en el que los brotes crecieron conjuntamente con los frutos, confirmando el alto vigor de la plantación. Al finalizar cada ciclo de cultivo en T2 y T3 los brotes terminales presentaron menor longitud que los de T1 (tabla 3).

Tabla 3. Longitud de brotes de cerezo Bing al finalizar los tratamientos de riego.

Tabla 3. Shoot length in Bing cherry trees at the end of irrigation treatments.

Longitud final de brotes (cm)				
Tratamiento	Primer ciclo		Segundo ciclo	
	Brotes terminales ^z	Brotes de crecimiento vigoroso ^y	Brotes terminales ^z	Brotes de crecimiento vigoroso ^y
T1	59,7 a ^x	105,5 a	42,3 a	83,4 a
T2	52,6 b	100,5 a	39,1 ab	87,4 a
T3	40,4 c	82,5 b	31,8 b	67 b

^z Media de 40 brotes.

^y Media de 20 brotes.

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

Al analizar sólo la porción del brote que creció a partir de la imposición de los tratamientos en los brotes terminales se comprobó que la restricción hídrica redujo el crecimiento longitudinal de brotes en ambos tratamientos (tabla 4), pero en T2 se debió principalmente a una disminución de la longitud de entrenudos; en cambio en T3 también fue menor el número de entrenudos, y esto se puede explicar por la detención anticipada del crecimiento de brotes en este tratamiento (tabla 4 y figura 5a - 5b, pág. 84).

Tabla 4. Parámetros de crecimiento vegetativo medidos a partir de los tratamientos de riego en brotes terminales de cerezo Bing.

Table 4. Vegetative growth parameters measured on the length of terminal shoots beginning from irrigation treatments in Bing cherry trees.

Tratamientos	Primer ciclo			Segundo ciclo		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Longitud del crecimiento de brote (cm) ^z	30 a ^y	24 b	10 c	21 a	19 b	10 c
Número de entrenudos ^z	15 a	15 a	8 b	10 a	10 a	6 b
Longitud de entrenudos (cm) ^z	2,0 a	1,6 b	1,2 c	2,1 a	1,9 b	1,7 c
Número de hojas ^z	19 a	18 a	11 b			
Área foliar (cm ²) ^z	1440 a	1250 a	607 b			
Peso seco foliar (g) ^z	20 a	17 a	9,5 b			
Área de una hoja (cm ² .hoja ⁻¹) ^z	74,5 a	69,0 b	55,2 c			
Peso seco de una hoja (mg.hoja ⁻¹) ^z	1030 a	940 b	860 c			
Peso específico foliar (mg.cm ⁻²) ^z	13,6 b	13,9 b	15,7 a			

^z Media de 40 brotes.

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

La reducción de la tasa de crecimiento de brotes es una pronta respuesta al estrés hídrico (5). En ensayos de RDC poscosecha en variedades de maduración temprana de duraznero también se ha señalado una clara disminución del crecimiento de brotes (19), aunque también hay antecedentes en los que la longitud de brotes no fue afectada (20) y se debió a que la mayor parte del crecimiento de brotes había ocurrido en la primavera antes de la fecha de cosecha.

Se sabe que el estrés hídrico afecta la partición de materia seca entre órganos que compiten, y depende de la estación, del clima y de la fuerza como destino de los distintos órganos (14). Para controlar el crecimiento vegetativo el momento de restricción es crítico, siendo más efectiva la restricción cuando mayor sea la tasa de crecimiento de brotes (31). En esta investigación, teniendo en cuenta la ocurrencia de máxima velocidad de crecimiento (figura 3a - 3b, pág. 81), el déficit podría iniciarse a partir de mediados de noviembre para control de crecimiento en plantaciones jóvenes. En plantas en producción, en cambio, para evitar comprometer el calibre de los frutos el déficit hídrico se podría imponer rápidamente luego de completada la maduración y recolección de frutos, que en esta plantación ocurrió a principios de diciembre en el segundo ciclo del ensayo. Riegos localizados y suelos con baja capacidad de almacenamiento de agua facilitan un rápido establecimiento de un déficit hídrico apenas iniciados los tratamientos y en un período de alta tasa de crecimiento de brotes.

El número de hojas como el área foliar y el peso seco foliar evaluados en el primer ciclo del ensayo fueron menores en T3; en T2 sólo se observó una tendencia hacia una disminución de estas variables con respecto a T1 (tabla 4, pág. 86). Las hojas de T2 y T3 presentaron distinta morfología con respecto a las de T1: menor tamaño, menor ancho y ondulaciones del limbo foliar. El área foliar y peso seco promedio de una hoja fueron menores que los de T1 (tabla 4); y a mayor nivel de déficit correspondió menor tamaño y peso seco foliares. Así, en T2 el área y el peso seco de una hoja disminuyeron 7 y 9%, respectivamente; en T3 disminuyeron 26 y 16%, respectivamente, con respecto a las hojas de T1.

La disminución del área foliar ha sido considerada una respuesta de adaptación al estrés (4). El crecimiento de las hojas de una planta define el tamaño de su canopia para captar la luz y llevar a cabo la fotosíntesis. Si el déficit ocurre cuando la canopia no se ha desarrollado completamente para interceptar toda la radiación fotosintéticamente activa, podría producir una disminución de fotosíntesis por unidad de área aunque el déficit sea leve (16).

El peso específico de las hojas en el tratamiento de mayor déficit (T3) fue mayor que en T1 (tabla 4). Similares resultados han sido reportados para otros frutales (19, 33). En plantas de duraznero sin déficit hídrico se han mencionado valores de peso específico foliar $5,2 \text{ mg.cm}^{-2}$ (19), menores al obtenido en esta investigación en cerezo, que fue $13,6 \text{ mg.cm}^{-2}$.

El área de sección de tronco de los árboles medida luego de caída de hojas y después de dos años de ensayo disminuyó 13% en T3 y 8% en T2 comparado con

el valor de T1 y puso en evidencia el efecto de la restricción hídrica impuesta a lo largo de dos temporadas (figura 7). Esta disminución ha sido considerada un indicador claro de reducción de vigor en cerezos (11,12).

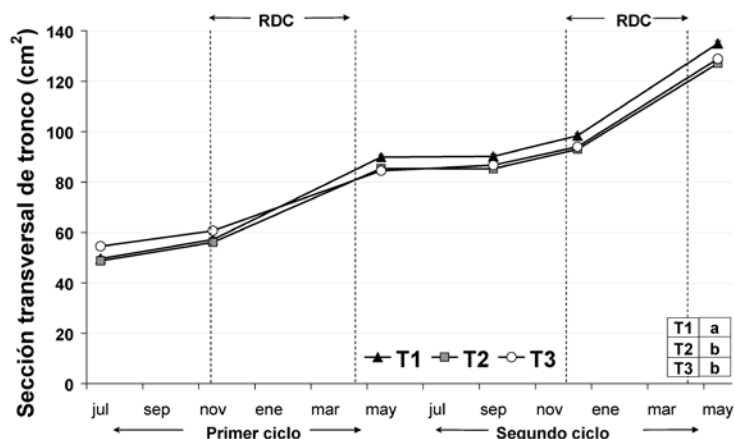


Figura 7. Crecimiento de área de sección transversal de tronco de cerezo Bing de los tratamientos de riego en dos ciclos vegetativos. Los símbolos representan la media de diez árboles. Barras verticales indican error estándar de las medias, barras no visibles están dentro del área del símbolo. Separación de perfiles de crecimiento según Prueba de Hotelling ($P \leq 0,05$).

Figure 7. Trunk cross-sectional area enlargement in Bing cherry trees under irrigation treatments during two vegetative cycles. Symbols represent means of ten trees. Bars indicate SE, where not shown SE bars are within the area of the symbol. Comparison of shoot length by Hottelling Test ($P \leq 0.05$).

En este ensayo tanto el déficit de T3 como el de T2 disminuyeron significativamente el crecimiento del área de tronco, y también ambos tratamientos deficitarios disminuyeron el crecimiento de brotes. En coincidencia con estos resultados en *Prunus* se encontró que entre los órganos vegetativos, los más afectados por un déficit hídrico fueron en orden decreciente el crecimiento de las hojas, longitud de brotes, emergencia foliar y diámetro de tronco (14). En evaluaciones de varios años de respuestas de durazneros tempranos al déficit hídrico, se ha indicado un efecto mayor sobre el crecimiento diametral de tronco que sobre la longitud de brotes, atribuido a que el crecimiento longitudinal se completó en diciembre pero el crecimiento radial continuó a través de toda la estación (15).

La suma del crecimiento de todos los brotes producidos en la planta durante cada ciclo de cultivo, que incluye brotes de crecimiento normal y vigoroso, indica que luego del primer ciclo vegetativo el crecimiento de brotes en T3 disminuyó 28% en el primer ciclo y 19% en el segundo ciclo con respecto a T1 y confirma la efectividad de la restricción hídrica en el control de crecimiento vegetativo. En T2 se observó sólo una tendencia a una reducción del 8% del crecimiento total de brotes en cada ciclo (tabla 5, pág. 89).

Tabla 5. Crecimiento total de árboles de cerezo Bing producido en el primer y segundo ciclo del ensayo.

Table 5. Total shoot length in Bing cherry trees in the first and second trial cycle.

Tratamiento	Crecimiento total producido en el primer ciclo ^z (m)	Crecimiento total producido en el segundo ciclo ^z (m)
T1	60,1 a ^y	67,6 a ^y
T2	55,1 a	62,2 a
T3	43,3 b	54,7 b

^z Media del crecimiento total de 5 árboles.

^y Separación de medias según Prueba LSD de Fisher ($P \leq 0,05$).

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación se sugiere que en zonas áridas y con largas estaciones de crecimiento el RDC podría ser una estrategia adicional de manejo intensivo para reducir el crecimiento vegetativo excesivo en cerezo. La idea de usar RDC es atractiva por su simplicidad y por la oportunidad de ahorrar agua. Sin embargo, en estrategias de RDC en años sucesivos se sugiere evaluar el contenido de reservas no estructurales, ya que una disminución importante de las mismas podría comprometer la sustentabilidad del manejo de riego deficitario en esta especie.

CONCLUSIONES

En plantaciones jóvenes y cultivares vigorosas de cerezo, las estrategias de RDC aplicadas entre 50 y 60 días después de brotación permitieron controlar el vigor. Los efectos del estrés sobre el crecimiento vegetativo variaron con la intensidad del déficit:

- En el tratamiento de mayor restricción hídrica (con reposición del 50% de Etc) el potencial hídrico xilemático a mediodía promedio durante el período de restricción alcanzó valores de -1,02 MPa. El estrés producido disminuyó el crecimiento de brotes, el número de hojas, área foliar y peso seco foliar, y produjo una detención anticipada del crecimiento de brotes terminales. El crecimiento del área de tronco también fue menor.
- En el tratamiento de menor restricción (con reposición del 75% de Etc) el potencial xilemático a mediodía promedio durante el período de restricción varió entre -0,79 y -0,88 MPa. El estrés disminuyó el crecimiento de los brotes y del área de tronco pero no afectó significativamente el número de entrenudos ni de hojas, área foliar ni peso seco foliar.

Ambos tratamientos produjeron importantes ahorros de agua, y el promedio bianual de ahorro fue del 17% en T2 y 34% en T3 respecto del testigo.

En cerezos, el potencial hídrico del tallo a mediodía fue un buen indicador del estado hídrico de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, R.; Pereira, L.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO, Irrigation and Drainage paper 56. Rome, Italy. 300 p.
2. Ayers, R. S.; Westcot, D. W. 1987. La calidad de agua en la Agricultura. FAO, Riego y Drenaje. Manual N° 29. Roma, Italia. 174 p.
3. Behboudian, M. H.; Lawes, G. S.; Griffiths, K. M. 1994. The influence of water deficit on water relations, photosynthesis and fruit growth in Asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.). *Scientia Horticulturae* 60:89-99.
4. Boland, A.; Mitchell, P. D.; Jerie, P. H.; Goodwin, I. 1993. The effect of regulated deficit irrigation on tree water use and growth of peach. *J. Hort. Sci.* 68 (2) 261-274.
5. Bradford, K. J.; Hsiao, T. C. 1982. Physiological responses to moderate water stress, p. 236-324. In: Lange, O. L.; Nobel, P. S.; Osmond, C. B.; Ziegler, H. (eds.) *Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation*. *Encycl. Plant Physiol.* Vol. 12b. Springer- Verlag, New York.
6. Chambouleyron, J. 2005. Riego y Drenaje. Técnicas para el desarrollo de una agricultura regadía sustentable. Tomo 1. Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza. 470 p.
7. Claverie, J.; Lauri, P. E.; Lespinasse, J. M. 1999. Conduit du cerisier. L'arbre et sa conduit, nouveaux concepts. *Réussir Fruits et Légumes* 177: 41-47.
8. 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.
9. Dochev, D.; Djouvinov, V.; Gospodinova, M.; Kolev, K.; Boxus, P.; Kerin, V.; Zlatev, Z.; Vichev, N.; Kirkova, I.; Stoimenov, G. 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.
10. Ebel, R. C.; Proebsting, E. L.; Evans, R. G. 2001. Apple tree and fruit responses to early termination of irrigation in a semi-arid environment. *HortScience* 36(7): 1197-1201.
11. Edin, M.; Lichou, J.; Saunier, R. 1997. Cerise, les variétés et leur conduite. *Le cerisier*. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Paris. 239 p.
12. Elfving, D. C.; Visser, D. B. 2005. Effects of Prohexadione-Calcium and Ethephon on growth and flowering of Bing sweet cherry. *Acta Hort.* 667: 439-446.
13. Ferreyra, R.; Sellés, G. 2005. Manejo del riego en el cultivo de cerezos. En: *Apuntes Curso de posgrado Relación agua-suelo-planta atmósfera*. Maestría en Riego y Drenaje. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. p 151-178.
14. Flore, J. A.; Layne, D. R. 1999. Photoassimilate production and distribution in cherry. *HortScience* 34(6): 1015-1019.
15. Garnier, E.; Berger, A. 1986. Effect of water stress on stem diameter changes of peach trees growing in the field. *J. Applied Ecol.* 23: 193-209.
16. Hsiao, T. C. 1973. Plant responses to water stress. *An. Rev. Plant Physiol.* 24: 512-570.
17. INDEC. 2004. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina. Censo Nacional Agropecuario 2002. Resultados para el total del país por provincia [en línea]. Buenos Aires, Argentina. [http://www.indec.mecon.gov.ar/agropecuario/cuadros/c14_tot.xls] [Consulta: 30 de marzo 2006].
18. Infostat. 2004. InfoStat, versión 2004. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
19. Johnson, R. S.; Handley, D. F.; De Jong, T. M. 1992. Long-term response of early maturing peach trees to postharvest water deficits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(6): 881-886.
20. Larson, K. D.; Dejong, T.M.; Johnson, R. S. 1988. Physiological and growth responses of mature peach trees to postharvest water stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(3): 296-300.

21. Long, L. E.; Facticeau, T.; Nuñez-Elisea, R.; Cahn, H. 2005. Developments in high density cherries in the USA. *Acta Hort.* 667:303-309.
22. Mc Cutchan, H.; Shackel, K. A. 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.
23. Mitchell, P. D.; Chalmers, D.J.; Jerie, P. H.; Burge, G. 1986. The use of initial withholding of irrigation and tree spacing to enhance the effect of regulated deficit irrigation on pear trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 858-861.
24. Pizarro, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia. Goteo, microaspersión y exudación. 3° Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 513 p.
25. Podestá, L.; Ojer, M.; Claverie, J.; Arjona, C. 2006. Regulación de la carga frutal en cerezos (*Prunus avium* L.) cv. Lapins. *Horticultura Argentina* 25(58): 33-38.
26. Proebsting, E. L. Jr.; Middleton, J. E.; Mahan, M. O. 1981. Performance of bearing cherry and prune trees under very low irrigation rates. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 16: 243-246.
27. Scholander, P. F.; Hammel, H. T.; Bradstreet, D.; Hemmingsen, E. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*, N.Y. 148:339-346.
28. Shackel, K. 2003. The pressure chamber, a.k.a. "The bomb". [en línea]. California, USA, University of California, [<http://www.fruitsandnuts.ucdavis.edu/crops/pressure-chamber.shtml>][Consulta: 10 de julio 2006].
29. _____; Ahmadi, H.; Biasi, W.; Buchner, R.; Goldhamer, D.; Gurusinghe, S.; Hasey, J.; Kester, D.; Krueger, B.; Lampinen, B.; MCGourty, G.; Micke, W.; Mitcham, E.; Olson, B.; Pelletrau, K.; Phillips, H.; Ramos, D.; Schwankl, L.; Sibbett, S.; Snyder, R.; Southwick, S.; Stevenson, M.; Thorpe, M.; Weinbaum, S.; Yeager, J. 1997. Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees. *Hort Technology* 7(1): 23-29.
30. Stevens, P.; Harvey, G.; Aspinall, D. 1995. Grapevine growth of shoots and linearly correlate with water stress indices based on root-weighted soil matric potencial. *Aust. J. of Grape and Wines Res.* 1:58-66.
31. Veihmeyer, F. J. 1975. The growth of fruit trees in response to different soil moisture conditions measured by widths of annual rings and other means. *Soil Sci.* 119(6): 448-460.
32. Warrick, A. W.; Nielsen, D. R. 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.
33. Wilson, R. F.; Burke, J. J.; Quisenberry, J. E. 1987. Plant morphological and biochemical responses to field water deficits. *Plant Physiol.* 84: 251-254.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo por la financiación del trabajo.

A la empresa Salentein Fruit B. V. que proporcionó la explotación frutal para la realización de los ensayos.

A la señorita V. Montenegro por su colaboración en las mediciones de campo.