

ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARIO EN CEREZOS PARA EXPORTACIÓN. EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD, SUSTENTABILIDAD Y RENTABILIDAD

Proyecto 06/A 344

Directora: Podestá, Lidia

Integrantes: Vallone, Rosana; Sánchez, Enrique; Morabito, José; Ojer, Miguel

1. INTRODUCCIÓN

En Argentina el cultivo de cerezos ocupa una superficie cercana a las 2100 ha. La posibilidad de comercializar cerezas en el mercado interno y externo (mercados no saturados), la escasa conservación que tiene el producto, los excelentes precios logrados en contraestación y las mejores variedades y portainjertos disponibles actualmente, han producido un resurgimiento de este frutal en nuestro país. Mendoza es la principal zona productora del país y aporta el 80 % del volumen total.

Entre los factores que condicionan la rentabilidad del cultivo de cerezo uno de los principales es la falta de precocidad de la especie (Claverie et al. 1999). En los nuevos sistemas productivos de cerezo se ha incorporado nuevas tecnologías de cultivo, desarrollados en otras zonas productoras del mundo tales como cultivares y portainjertos, nuevos sistemas de conducción y poda y también sistemas de riego tecnificado, todos factores cuyo manejo eficiente permite aumentar la productividad de las plantaciones (Edin y Garcin 1994; Kappel y Lichou 1994; Edin et al. 1997; Meland 1998; Claverie et al. 1999; Facteau y Cahn 2000). En los modernos sistemas de plantación el principal objetivo ha sido la creación de una arquitectura de árbol que promueva rápidamente la fructificación y optimice la relación entre la luz interceptada por la canopia y los sitios de fructificación (Balmer 2001; Kappel 2002; Lang, 2005). El principal problema de las altas densidades ha sido el excesivo vigor de las plantas, especialmente en suelos profundos y fértiles (Robinson 2005). La introducción de portainjertos que controlan el vigor (Kappel y Lichou 1994; Lang 2000) y de nuevos cultivares (Kappel et al. 1998; Kappel 2002), permitió desarrollar nuevos sistemas de alta densidad con plantas de menor tamaño que son más precoces, productivas y más fáciles de manejar (Facteau y Cahn 2000; Lang 2000; Balmer 2001; Robinson et al. 2004). Sin embargo el principal problema ha sido la obtención de fruta de menor calibre, y en algunos casos carga frutal excesiva y pobre calidad de frutos (Robinson 2005; Podestá et al. 2006). Actualmente en cerezo existe una gran variedad de portainjertos y abundante bibliografía en la que se evalúa su efecto en el crecimiento y producción (Nielsen y Kappel 1996; Edin et al. 1997; Lang 2000). Con portainjertos enanizantes o semienanizantes se debe manejar correctamente la carga frutal, para evitar tener fruta de bajo calibre y pobre calidad (Claverie et al. 1999; Podestá et al. 2006). Si en cambio se utilizan combinaciones cultivar/portainjerto vigorosos o semivigorosos se deben aplicar estrategias para evitar la pérdida de precocidad durante los primeros años y el exceso de vigor cuando el árbol está en plena producción.

En muchos lugares del mundo se esta en la búsqueda de la incorporación de nuevas tecnologías de manejo del cultivo que permitan controlar el excesivo vigor. Se ha señalado que en frutales el riego es un factor de manejo que incide fuertemente sobre el desarrollo del árbol, la actividad fotosintética, la extracción de nutrientes del suelo, la inducción floral y el crecimiento y desarrollo del fruto (Edin et al. 1997; Lang y Ophardt 2000; Beppu et al. 2002). Una estrategia posible de control de crecimiento es el uso del riego deficitario controlado (RDC), la cual consiste en imponer períodos de déficit hídrico estacional que resulten en algún beneficio económico (Behboudian et al. 1994). En frutales el riego deficitario

controlado (RDC) ha sido ampliamente estudiado para controlar el crecimiento vegetativo en plantaciones comerciales (Mitchell y Chalmers 1982).

El cerezo es una especie de maduración temprana que tiene crecimientos vigorosos después de la época de cosecha. En plantaciones adultas de cerezos se ha mencionado que el RDC realizado durante el endurecimiento de carozo y poscosecha puede ser una estrategia adicional de manejo, para reducir el crecimiento vegetativo, sobre todo en zonas climáticas con largas estaciones de crecimiento (Lang 2005; Negueroles Pérez 2005). En plantaciones jóvenes Edin et al. (1997) han sugerido que en situaciones de vigor déficits hídricos moderados a partir del 3º año en verano han disminuido el crecimiento vegetativo, y han favorecido la entrada en producción, por un aumento en el número de flores y frutos.

En frutales se han desarrollado métodos de determinación de estrés hídrico a través de mediciones en la planta, que provee la mejor indicación de los requerimientos hídricos, ya que hay una relación mucho más estrecha entre crecimiento y estado hídrico de la planta que con humedad del suelo o condiciones ambientales. En 1992, McCutchan y Shackel propusieron la medición del potencial hídrico del tallo al mediodía (PTM) como un indicador sensible de estrés en ciruelo y menos variable que el potencial hídrico de la hoja (PHM). Posteriormente fue utilizado de rutina en otras especies frutales tanto para describir los efectos de diferentes estrategias de riego y, en algunos casos, para el manejo del riego (Shackel et al. 1997). Se ha mencionado que en cerezo los brotes detienen su crecimiento cuando PTM alcanza $-1,5$ a $-1,7$ MPa (Shackel et al. 2000).

Localmente se ha investigado el efecto del estrés hídrico en cerezos para controlar el vigor y se ha señalado que con un estrés del 50 % y 75 % de Etc poscosecha, disminuyó el crecimiento vegetativo y aumentó la calidad de ramilletes y la cantidad de yemas de flor, luego del primer año de restricción (Podestá 2007). Sin embargo en los estudios de restricción hídrica en especies leñosas es indispensable hacer un seguimiento del cultivo por lo menos durante 3 temporadas, para obtener resultados serios concluyentes (Mitchell y Chalmers 1982; Lang y Ophardt 2000; Beppu et al. 2002). Está ampliamente documentado que en las especies leñosas algunos efectos de déficits hídricos van manifestándose de a poco, según la intensidad del déficit y en la medida en que la planta acusa el estrés anualmente. Puede ocurrir que algunos parámetros no cambien (Mitchell y Chalmers 1982; Lang y Ophardt 2000; Beppu et al. 2002), y esos cambios se relacionan con la intensidad del estrés y con el momento en que se produce. Así pues, se ha citado que situaciones de estrés severo y prolongado en frutales de carozo, además de afectar la actividad fotosintética y el crecimiento de brotes (Mitchell y Chalmers 1982; Mitchell et al. 1984; Larson et al 1988; Johnson et al. 1992; Beppu et al. 2002), han producido una disminución importante en los carbohidratos no estructurales de reserva (CNE) y en el crecimiento de raíces (Keller y Loescher 1989; Johnson et al. 1992), en la inducción y diferenciación floral y en los rendimientos (Mitchell et al. 1984; Johnson et al. 1992). Sin embargo también se ha señalado que durazneros con un RDC moderado poscosecha los CNE aumentaron en raíces, brotes y yemas de flor a partir del 3º año de restricción (Dichio et al. 2006).

En cerezo dulce la acumulación de reservas de carbohidratos ocurre principalmente luego de cosecha (Kappes 1985; Keller y Loescher 1989). Los CNE son necesarios para sostener el crecimiento en períodos de estrés, en dormición, y son importantes durante el crecimiento inicial de primavera (Flore y Layne 1999). Se ha especulado que cualquier factor que limite la fotosíntesis, por ejemplo un estrés hídrico, podría restringir seriamente la acumulación de carbohidratos (principalmente sorbitol e inositol) y comprometer en años posteriores la floración, rendimientos y calidad de frutos en años posteriores (Roper et al. 1988; Keller y Loescher 1989; Flore y Layne 1999; Beppu et al. 2002). Estas situaciones comprometerían la sustentabilidad del manejo con RDC, y finalmente la rentabilidad del monte frutal.

Es necesario un ajuste preciso del nivel de restricción hídrica para controlar el vigor, y mantener la productividad (Johnson y Handley 2000); y una evaluación de sustentabilidad

en el tiempo, que tenga en cuenta variables fisiológicas y variables económicas. Stover et al. (2001) han señalado la necesidad de determinar el valor económico de la producción para dimensionar cuantitativamente la incidencia de las distintas prácticas culturales.

El **objetivo general** del presente estudio es contribuir a la racionalización del uso del recurso hídrico y evaluar la sustentabilidad y rentabilidad de estrategias de riego deficitario controlado poscosecha aplicadas durante varias temporadas para controlar crecimiento vegetativo y aumentar la productividad en plantaciones vigorosas de cerezo cv. Bing.

Se pretende además evaluar la respuesta fisiológica del cultivo al RDC sobre: área de de tronco y longitud de brotes, contenidos de macro y micronutrientes foliares, carbohidratos no estructurales invernales (CNE), diferenciación floral (retorno de floración), producción (rendimiento y calidad de frutos) y rentabilidad del monte frutal.

La **hipótesis** a contrastar, es que en árboles vigorosos de cerezo un nivel de estrés hídrico moderado en poscosecha, aplicado para disminuir el crecimiento vegetativo y aumentar la floración y fructificación precoz, en temporadas sucesivas puede reducir los carbohidratos no estructurales (CNE), la diferenciación floral, los rendimientos y calidad de frutos; y comprometer la sustentabilidad económica del manejo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. *Sitio Experimental*

El ensayo se realizó en las temporadas 2006/2007 y 2007/2008 en un monte comercial de cerezos cultivar Bing clon W 260 ubicado en la localidad de Agua Amarga, departamento de Tunuyán, Mendoza, Argentina; Latitud 33° 30' 58" S, Longitud 69° 12' 27" O, Altura 970 m.s.n.m. El clima es templado. La precipitación media anual en la zona es de 430 mm, concentrada principalmente durante primavera-verano, la temperatura media anual es de 14,1°C, siendo la temperatura media del mes más cálido (enero) 22,3°C y la del mes más frío (julio) 5,6°C (medias calculadas con los datos de registro de Estación Meteorológica de Agua Amarga, años 1999 a 2005). El suelo es un Torrifluvent típico, térmico, mixto, calcáreo de textura arenosa y subsuelo pedregoso.

La plantación se realizó en invierno de 2002, con plantas a ojo dormido. Las plantas están injertadas sobre portainjerto MaxMa 14, plantadas a 4,5 m. entre hileras por 3 m. entre plantas y conducidas en eje central. Las cultivares polinizadoras son Lapins, Van, Newstar, Georgia y están distribuidas en hileras completas. Al inicio de este proyecto el monte frutal de 5 años, presentaba alto vigor. La Figura 1 muestra un esquema del cuartel donde se realizó el ensayo, con la distribución de la cultivar Bing clon W 260 y sus variedades polinizadoras.

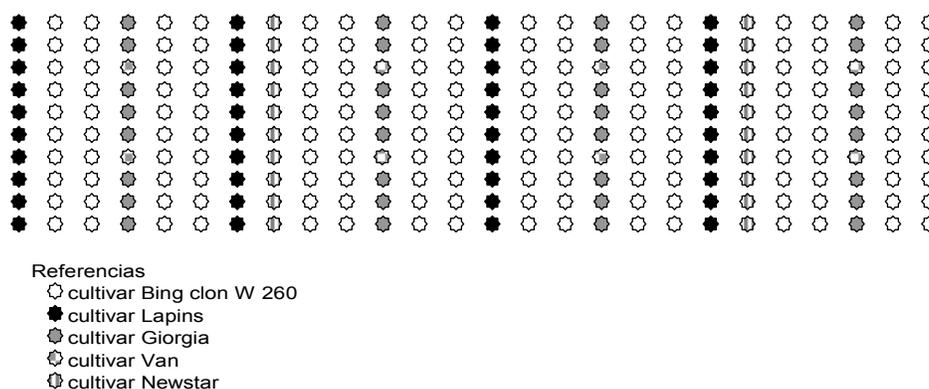


Figura 1: Esquema de distribución de variedades en el cuartel donde se ubicó el ensayo

El método de riego de la plantación es goteo, con dos laterales por hilera y emisores de $1,55 \text{ L h}^{-1}$ de caudal, distanciados 0,80 m. El diámetro externo de la manguera de goteros es de 16 mm.

Antes de comenzar los riegos de la estación de crecimiento se evaluó la uniformidad de descarga de los goteros de la plantación mediante la metodología de campo de evaluación de subunidades (Merriam y Keller 1978). Se calculó el caudal de cada emisor y el coeficiente de uniformidad de Merriam y Keller (CU), que fue de 91 % para la parcela analizada, y se encuentra en el rango de valores recomendado para sistemas de riego localizado, emisores espaciados a menos de 2.5 m, pendiente del terreno menor al 2 % y clima árido.

En el monte frutal se realizan labores culturales de poda de raleo para eliminar ramas verticales; fertirrigación con NPK en primavera, dos aplicaciones foliares de Mg durante el verano; y control de plagas. Las malezas se controlan con herbicidas en la hilera de plantación, en cambio en el interfilas se mantiene una cobertura vegetal natural rala, con segados frecuentes. Las condiciones de manejo del monte frutal pueden ser consideradas casi óptimas y no fueron un factor de variación en el experimento.

2.2. Tratamientos

Desde brotación y hasta la época de cosecha todas las plantas recibieron irrigación para reponer el total de la evapotranspiración de cultivo estimada por Penman-Monteith y los K_c de cultivo estimados para cerezo a partir de FAO 56 y modificados por las características agroambientales locales (situación de viento ligero con malezas), y la consideración de un factor de sombreado estacional (Allen et al., 1998; Pizarro 1996).

Los tratamientos de riego aplicados en poscosecha fueron tres:

- T1 riego a demanda plena, reponiendo el 100 % de la evapotranspiración de cultivo
- T2 riego deficitario reponiendo el 75 % de la evapotranspiración de cultivo, respecto de T1
- T3 riego deficitario reponiendo el 50 % de la evapotranspiración de cultivo, respecto de T1

2.3. Diseño Experimental

El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con 5 repeticiones y el factor de bloqueo fue la cultivar polinizadora. La unidad experimental estuvo constituida por 12 plantas: 2 plantas ubicadas en el centro de una parcela de riego (unidad observacional) rodeadas por 10 plantas como bordura (unidades de bordura), manteniendo siempre las necesarias líneas polinizadoras dentro de cada unidad (cvs polinizadoras: Lapins, Van y Giorgia) (Figura 2)

Para la evaluación de valor de la producción y cuantificar de costos de labores (riego, poda, cosecha, etc) la unidad experimental fue de 0,5 ha por tratamiento (macroparcels).

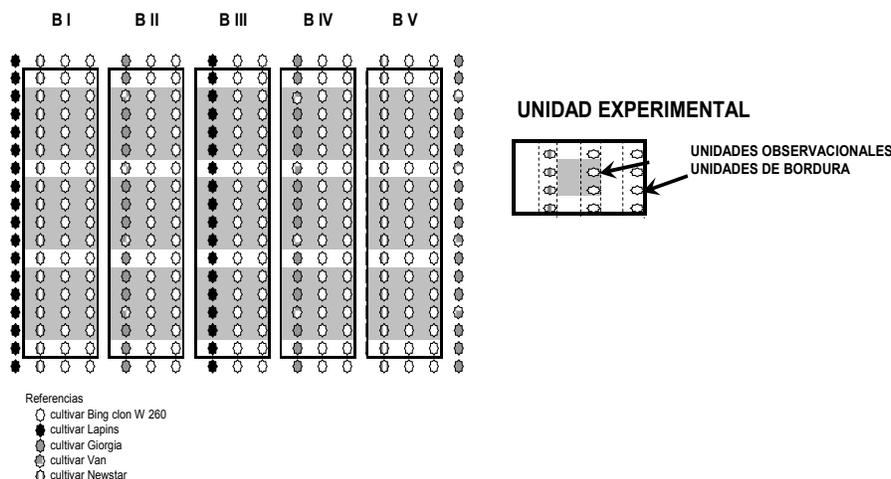


Figura 2. Diagrama del diseño y distribución de parcelas, y detalle de la unidad experimental

2.4. Estudios previos al establecimiento del ensayo

En el ciclo anterior y previo al establecimiento del ensayo se habían realizado las siguientes evaluaciones:

- Homogeneidad del monte frutal y selección de un sector de vigor homogéneo, en función del diámetro de tronco a 30 cm del nivel del suelo y cantidad de ramas primarias a lo largo del eje central de las plantas. Se seleccionaron plantas de 4 m de altura, 8 cm de diámetro y 16 ramas primarias.

- Perfil del suelo y de la distribución de raíces. En calicatas de 1,20 m de profundidad, se determinó textura organoléptica y densidad aparente en muestras sin disturbar. Se descalzó el sistema radicular, se analizó el patrón de distribución de raíces y se estimó el volumen de exploración radical. Hasta el metro de profundidad, el suelo es no salino, no sódico, arenoso a franco arenoso. La densidad aparente promedio fue $1,373 \text{ g.cm}^{-3}$. El subsuelo pedregoso aparece a profundidad variable a partir de los 60 cm. Se encontraron raíces finas ($< 2 \text{ mm}$) hasta los 55 cm de profundidad y permanentes (2-4 mm) hasta los 100 cm y el volumen de exploración radical estimado fue de $2,47 \text{ m}^3$.

- Capacidad real de campo real según metodología de Grassi (1998) y capacidad de marchitamiento permanente a través de la curva de capacidad hídrica realizada a partir de muestras disturbadas, con la cámara y olla de Richards. La capacidad de campo fue 12,8 g%g y la capacidad de marchitamiento permanente fue de 5,5 g%g. La capacidad de almacenaje de agua del perfil del suelo en la zona útil de exploración radical es baja (64 mm).

- Caracterización físico química inicial del suelo y aptitud del agua de riego. Se analizó volumen de sedimentación para apreciación de la textura, conductividad eléctrica del extracto de saturación y pH de pasta saturada, relación de adsorción de sodio (RAS), Nitrógeno total (Método de Kjeldahl), Fósforo disponible (extracción carbónica 1:10), K intercambiable (acetato de amonio 1N pH 7) y materia orgánica (Walkley & Black). Según criterios de calificación local, el suelo presentó bajos contenidos de nitrógeno y está bien provisto de fósforo y potasio. Se determinó la conductividad eléctrica de una muestra de agua de riego, que presentó un valor de salinidad total expresada como CEA (conductividad eléctrica actual) igual a $470 \text{ } \mu\text{S/cm}$ a 25°C correspondiente al rango calificado como sin problemas de salinidad según FAO (Ayers y Westcot 1987).

2.5. Datos meteorológicos

Se utilizaron los datos provenientes de una estación meteorológica automática telemétrica (Metos Compact ET, Pessl Instruments, Austria), conectada a la Red de Estaciones Meteorológicas de la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas. La estación está ubicada dentro de la misma propiedad y a una distancia de 1400 m del lugar del ensayo.

2.6. Ajuste metodológico del cálculo de agua necesaria y tiempos de riego para cubrir el requerimiento del cultivo del cerezo

Para el manejo del riego en los tratamientos de riego deficitario se instaló un sistema de derivación en forma de by pass con mangueras ciegas y llaves en los laterales de riego (Foto 1, Figura 3) que permitió interrumpir el riego sin interferir con la operación normal de la plantación.



Foto1: Detalle del sistema de derivación instalado para el riego del ensayo

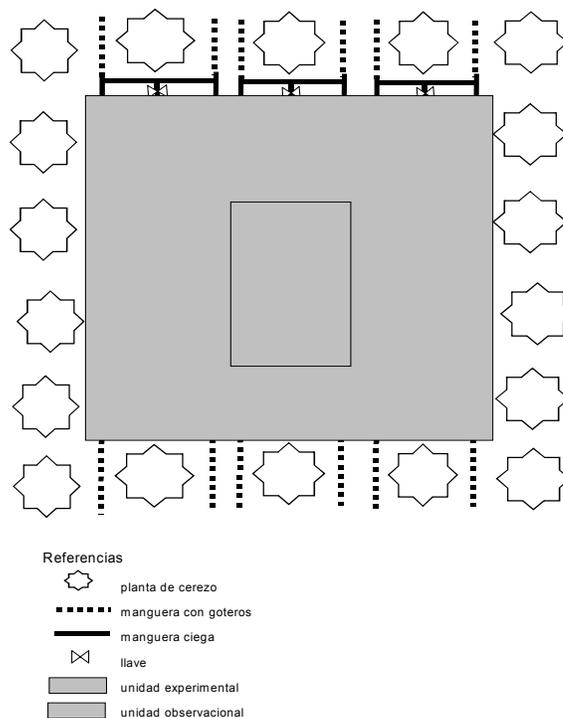


Figura 3: Detalle de conexiones en las parcelas de RDC

En la subunidad de riego donde estaba el ensayo se midió con manómetro la presión al final de los laterales de riego correspondientes a cabeza, 1/3, 2/3 y pie, que fue de 1,75 kg cm⁻², considerada apropiada. La programación del riego se realizó día por día utilizando los datos de evapotranspiración de referencia y precipitación diarias de la estación meteorológica. Los valores de evapotranspiración de referencia de la estación meteorológica han sido calculados por medio de la ecuación de Penman-Monteith.

Los coeficientes de cultivo (Kc) fueron estimados para cerezo a partir del manual de FAO 56, para la situación de viento ligero con malezas, y modificados por las características agroambientales locales (Allen et al. 1998) (Figura 4)

día-mes	15-May	15-Jun	15-Jul	15-Ago	15-Sep	15-Oct	15-Nov	15-Dic	15-Ene	15-Feb	15-Mar	15-Abr
Kc	0,4	0,4	0,4	0,4	0,45	0,55	0,75	1	1,1	1,1	1,1	0,85

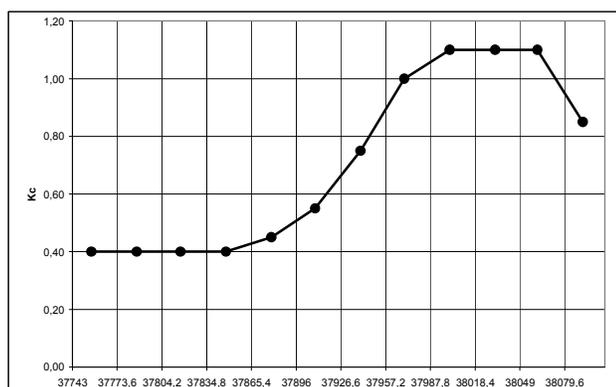


Figura 4. Coeficientes de cultivo estimados para cerezo

Se confeccionó una planilla de cálculo de necesidades de riego diarias siguiendo la metodología del balance desarrollada por Pizarro (1996) para riego por goteo. Una vez terminada cada estación de crecimiento se calculó el agua total recibida, por riego y por precipitación en cada tratamiento.

2.7. Control de la humedad en el suelo y mediciones del estado hídrico de la planta:

La humedad de suelo se determinó por gravimetría sobre 2 muestras por tratamiento, tomadas a tres profundidades: 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm. Las mediciones se realizaron mensualmente desde noviembre hasta abril en cada ciclo de cultivo. El estado hídrico de la planta se determinó en 10 plantas por tratamiento a través de la medición del potencial hídrico xilemático (ψ_t) a mediodía (Scholander et al. 1965), medido en 2 hojas totalmente expandidas de brindillas de crecimiento medio situadas en áreas sombreadas y en la zona media de la planta. Las mediciones se realizaron quincenalmente a partir de noviembre y hasta mediados de abril usando una cámara de presión (modelo Bio Control, Buenos Aires, Argentina). Para la determinación del ψ_t las hojas fueron cubiertas con papel de aluminio 1 h antes de cada medición, siguiendo la técnica descrita por Shackel (2003). Las mediciones de ψ_t a mediodía se realizaron en la situación de mínimo estado hídrico de las plantas antes del riego, en coincidencia con las determinaciones de humedad del suelo.

2.8. Mediciones de crecimiento vegetativo

En cada ciclo de cultivo en el momento de brotación en cada unidad experimental se identificaron 8 brotes en el extremo de ramas primarias y orientados hacia los 4 puntos cardinales. Una vez que se detuvo el crecimiento en verano y después de que se formó la yema terminal en los brotes se midió el crecimiento longitudinal producido en toda la estación de crecimiento, se contó el número de entrenudos y se calculó la longitud promedio de entrenudos. Durante los años de ensayo se midió el perímetro de tronco a 30 cm desde el nivel del suelo y se calculó el área de sección transversal del tronco. Las mediciones se realizaron cada ciclo antes de comenzar cada ciclo vegetativo, en la fecha de imposición de los tratamientos de riego y luego de caída de hojas.

2.9. Evaluación del estado nutricional

En cada ciclo en verano (principios de febrero) se realizó un diagnóstico nutricional por medio de análisis foliar, a partir de hojas de brotes del crecimiento anual, ubicadas en ramas de la parte media de la copa. Se determinaron N Kjeldahl con equipo Bücci, y a partir del extracto clorhídrico de cenizas P (espectrofotometría), K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn por espectrofotometría de absorción atómica.

2.10. Evaluación de reservas de carbohidratos no estructurales

En cada ciclo del experimento al finalizar el período de riego, durante el receso vegetativo se extrajeron 8 muestras de raíz de cada unidad observacional. Las muestras, de 10 cm de longitud y diámetro < 1 cm, se lavaron con agua destilada, se secaron a 60 °C por 72 hs, se molieron hasta polvo fino (< 1mm) y se analizaron por triplicado mezclando 50-60 mg de polvo de raíz en microtubos tipo eppendorf con 1,5 ml de buffer fosfato 0,1 M (pH 7,5) y llevando a agitador rotativo 15 min a temperatura ambiente. Luego se centrifugó 10 min a 10.000 RPM. En el sobrenadante se determinaron carbohidratos solubles por el método de antrona sulfúrico siguiendo el protocolo utilizado por Yemm y Willis (1954), y la absorbancia se midió en espectrofotómetro a 607 nm. El pellet fue resuspendido en dimetil sulfóxido acidificado y el almidón disuelto se mezcló con iodo iodurado acidificado siguiendo el protocolo utilizado por Saladin et al. (2003). La absorbancia se midió en espectrofotómetro a 600 nm. Los CNE se determinaron en el Laboratorio de Suelos de INTA EEA Luján.

2.11. Mediciones de retorno de floración: ramilletes, yemas de flor y flores en el ciclo vegetativo siguiente

Cada año, luego de los tratamientos de riego y después de ocurrida la de caída de hojas se evaluó la densidad de ramilletes y calidad de los mismos. En cada unidad experimental en invierno se midió sobre 8 ramas del eje central el perímetro de la base para calcular el área de sección transversal de rama (ASTR), se contó el total de ramilletes producidos sobre la madera de 5, 4, 3 y 2 años, se evaluó la calidad de los mismos según el número de yemas de flor y se calculó la cantidad de yemas de flor.

En prefloración se cortaron transversalmente 50 yemas de flor por parcela, se contó el número de primordios florales en su interior y se calculó el promedio de flores.yema⁻¹.

La cantidad de flores se estimó a partir del producto de los valores de cantidad de yemas de flor por el promedio de flores.yema⁻¹. El efecto del retorno de floración se determinó en términos de densidad, expresando el número de ramilletes, yemas de flor y flores por cm² de área de sección transversal de rama.

2.12. Mediciones de rendimientos y calidad de frutos

Para la cosecha se utilizó como índice el color de piel de los frutos, y la recolección se realizó cuando más de la mitad de los frutos presentaron el color número 4 de la carta de colores del Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL). Se midió el rendimiento de cada planta y se calculó la eficiencia productiva (el rendimiento por cm² de área de sección transversal de tronco). Sobre una muestra de 100 frutos.planta⁻¹ se realizó la distribución porcentual de los frutos de acuerdo a las categorías de calibre que se utilizan en la comercialización de cerezas frescas (Tabla1), y se estimó el rendimiento de cada categoría comercial. Para las evaluaciones de calidad se tomaron muestras de 30 frutos de las categorías de calibre predominantes y se determinó individualmente firmeza y contenido de sólidos solubles (CSS), y en submuestras de 10 frutos acidez titulable (AT). La firmeza se midió por presiometría con Durofel 25 del CTIFL, el CSS se midió con un refractómetro de temperatura compensada ATAGO ATC1 y la AT se determinó en forma volumétrica por titulación con NaOH 0,1 N y potenciómetro hasta pH=8,1. Se calculó la relación CSS/AT. En muestras de 100 frutos se evaluó visualmente defectos: frutos dobles, frutos con sutura hundida y 'cracking' natural.

Tabla 1. Categorías comerciales de cereza en función del calibre de frutos

Calibre (mm)	□22	>22 y □ 24	>24 y □ 26	>26 y □ 28	> 28
Denominación comercial	Medium (M)	Large (L)	Extra- large (XL)	Jumbo (J)	Premium (P)

2.13. Evaluaciones de valor de la producción y rentabilidad

Para estas evaluaciones los tratamientos de riego deficitario se implementaron en parcelas de 0,5 ha, que ya habían sido sometidas a riego deficitario desde fines de 2006. La cuantificación de variables en macroparcelas, permitió obtener datos y resultados extrapolables a un manejo comercial.

Para determinar el valor de la cosecha, se multiplicó el rendimiento de cada categoría comercial por el precio pagado en Mendoza, promedio del período 2003 - 2007, en base a datos suministrados por el Instituto de Desarrollo Rural (2008). Estos precios fueron 4.4 \$/kg para la fruta con destino a exportación; 2.4 \$/kg para la fruta vendida en el mercado interno y 1.5 \$/kg para la fruta destinada a la industria. La determinación de costos de cultivo se realizó en base al sistema de costos basados en actividades, ABC (Activity Based Costing); se definieron las actividades básicas y de apoyo, entre las que no se incluyeron las correspondientes a administración y mantenimiento (Tabla 2).

Tabla 2. Mapa de actividades del cultivo de cerezos para el costeo basado en actividades

B	ENERGIA		ASISTENCIA TECNICA	
A	ORTOPEDIA	C	ENCARGADO	A
S	PODA	U	PEON RURAL	P
I	REGULACION DE CARGA	A		O
C	SERVICIO DE POLINIZACION	R		Y
A	MANEJO NUTRICIONAL	T		O
S	MANEJO SANITARIO	E		
	CONTROL DE MALEZAS	L		
	COSECHA			

En base a los datos de valor de la producción y los costos operativos (suma de actividades básicas y de apoyo), se determinó el margen bruto y el resultado operativo. Tanto el valor de la producción como los costos se expresaron en dólares. La conversión a dólares se calculó en función del valor promedio de esa moneda en el período marzo de 2003 - marzo de 2007, según cotización del Banco Central de la República Argentina, y fue de 2,966 pesos / 1 dólar (Banco Central de la República Argentina 2009).

2.14. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante análisis de la varianza incluyendo transformaciones raíz cuadrada, logaritmo natural y arco seno de datos cuando fue necesario. La diferencia mínima significativa (LSD) fue realizada para discriminar promedios cuando F fue significativo. 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 (versión 2004; Grupo InfoStat 2004).

Nota: Los estudios de esta investigación de dos ciclos complementan las evaluaciones realizadas previamente en el ciclo 2005-2006 en el mismo monte comercial, en el marco del proyecto de investigación “Efecto del riego deficitario controlado sobre el potencial hídrico del tallo, crecimiento vegetativo y reproductivo y precocidad en cerezo”, Proyecto financiado por SECTyP (A6/0250, período 2005-07). Durante la temporada 2005-2006 plantas uniformes, fueron sometidas a estrategias de riego deficitario poscosecha y luego de la primera temporada se analizaron parámetros de crecimiento y productividad.

3. RESULTADOS

3.1. AGUA

En el tratamiento testigo el agua recibida por riego y precipitación efectiva fue 833 y 718 mm para el 2° y 3° ciclos (2006-2007 y 2007-2008, respectivamente), mayor al agua recibida en el 1° ciclo (2005-2006), correspondiente a la primera temporada de imposición de déficit (Proyecto 2005-2007) (Figura 5)

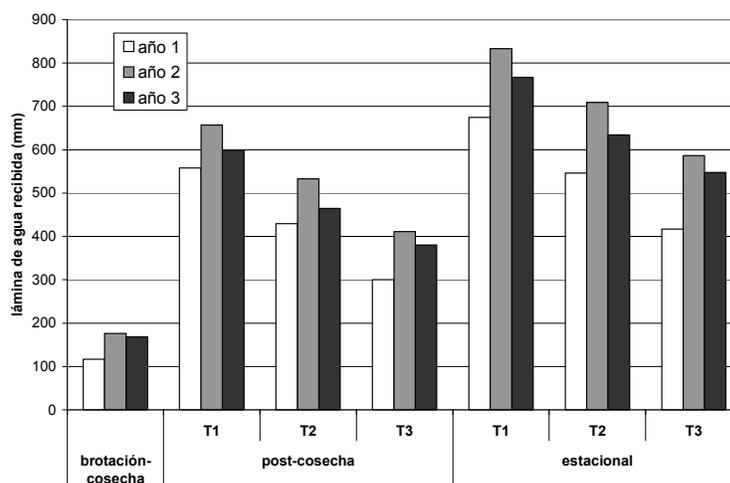


Figura 5. Lámina de agua (riego + precipitación efectiva) recibida en los tratamientos de riego en los tres ciclos de cultivo

Las precipitaciones efectivas fueron escasas en los 3 ciclos (46, 81 y 31 mm) y se produjeron concentradas principalmente después de cosecha en los meses de febrero, marzo en el primer y segundo ciclos y en enero y marzo en el tercer ciclo. Si bien se ha mencionado que la lluvia puede suplir parte del requerimiento hídrico de los cultivos, normalmente en zonas áridas es casi despreciable.

La lámina de agua (riego + precipitación efectiva) acumulada recibida en el tratamiento testigo, fue menor en el primer ciclo de cultivo, cuando la plantación era joven y de escaso desarrollo y en cambio aumentó en el segundo y tercer ciclos, en correspondencia con un aumento del área de sombreado y del volumen de la canopia. Se ha indicado que el factor de la planta que más afecta la evapotranspiración es el total de superficie foliar que intercepta la radiación, y por lo tanto el volumen de la canopia, la densidad de plantación y el estado de desarrollo influyen sobre el uso del agua por parte de los cultivos (Fereret al. 1981; Pizarro 1996). En este ensayo las labores culturales, como ortopedia de ramas también modificaron la demanda hídrica, al afectar directamente el coeficiente de sombreadamiento.

Los tratamientos de RDC fueron impuestos en el período de poscosecha a partir del 26 de noviembre en el primer año y a partir del 5 de diciembre en el segundo y tercer año. En el primer ciclo la fecha de inicio de RDC fue estimada, ya que la plantación aún no había fructificado. Hasta la fecha de inicio de RDC todas las parcelas recibieron los mismos volúmenes de agua (Figura 5). 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 del testigo en el primer ciclo y el 85 % y 70 % del agua total del testigo en el segundo ciclo y el 83% y 71 % del agua total del testigo en el tercer ciclo.

3.2. HUMEDAD DEL SUELO

La humedad gravimétrica promedio del suelo para el total del perfil durante todo el período de restricción presentó diferencias entre los tres tratamientos en los tres ciclos vegetativos (Tabla 3). El análisis de los datos por profundidades indica que en los tres tratamientos todo el perfil fue explorado para el abastecimiento (datos no presentados). La humedad de T1 se mantuvo siempre cercana a capacidad de campo, previo ajuste de la frecuencia de riego a aplicaciones diarias en los meses de alta evapotranspiración (Tabla 3).

Tabla 3. Humedad gravimétrica del suelo en el perfil 0-60 cm (g%g) en los tres ciclos. Promedio de todo el período de restricción

<i>Humedad gravimétrica promedio en el perfil 0-60 cm (g%g)^z</i>			
<i>Tratamiento</i>	<i>Primer ciclo</i>	<i>Segundo ciclo</i>	<i>Tercer ciclo</i>
T1	11,7 a ^y	12,1 a	12,4 a
T2	9,4 b	10,9 b	10,6 b
T3	6,8 c	7,0 c	8,1 c

^zPromedio de mediciones de 9 fechas

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

La humedad de T3 se diferenció de la de T1 desde una semana después de iniciados los tratamientos, indicando una rápida respuesta al déficit hídrico acorde a la baja capacidad de almacenaje del perfil. Warrick y Nielsen (1980) han relativizado la utilidad de los

contenidos de humedad gravimétrica en suelos pedregosos, porque exhiben una sustancial variabilidad espacial, debido a una irregular distribución de raíces y a una gran variación espacial de parámetros hidráulicos del suelo, especialmente en montes con riego por goteo. Otra limitación del control de humedad en el suelo es que las mediciones no están directamente vinculadas al estrés en la planta y por lo tanto a los síntomas en la planta, que son los que en definitiva afectan el crecimiento y la productividad (Mc Cutchan y Shackel 1992).

3.3. CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO HÍDRICO DE LA PLANTA

El estado hídrico de las plantas medido a través de ψ_t a lo largo de la estación presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos en los 3 ciclos de cultivo (Figura 6). En todos los tratamientos ψ_t disminuyó a medida que aumentaron las temperaturas durante el verano, incluso en el tratamiento testigo (Figura 6). La intensidad del estrés fue mayor en los meses de diciembre y enero, en correspondencia con una demanda atmosférica alta. Otros trabajos también han constatado que aún en el tratamiento control bien regado habría un desbalance entre demanda y oferta de agua en épocas de alta temperatura y baja humedad relativa en verano (Shackel et al. 1997). El ψ_t disminuye linealmente a medida que aumenta el déficit de presión de vapor (Mc Cutchan y Shackel 1992).

El T3, de mayor estrés, en pleno verano alcanzó 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, aunque Dochev et al. (2001) encontraron síntomas de estrés severo en cerezo a partir de valores de ψ_t a mediodía de -1,4 MPa; y Shackel et al. (1997) encontraron detención del crecimiento de brotes cuando el ψ_t se ubicó por debajo de -1,5 MPa.

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

El ψ_t promedio de las plantas durante todo el período de restricción se presenta en la Tabla 4. En ensayos realizados en Chile los valores de ψ_t en condiciones de riego completo variaron entre -0,89 y -0,94 MPa en las cv. Lapins, Summit y Celeste (Ferreira y Sellés 2005), menores al potencial hídrico promedio del testigo en este ensayo.

Tabla 4. Potencial hídrico xilemático a mediodía (MPa) en los tres ciclos. Promedio de todo el período de restricción

<i>Tratamiento</i>	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo
T1	-0,76 a ^{zx}	-0,65 a ^y	-0,62 a ^y
T2	-0,88 b	-0,79 b	-0,81 b
T3	-1,01 c	-1,03 c	-1,10 c

^zPromedio de mediciones de 17 fechas

^yPromedio de mediciones de 8 fechas

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

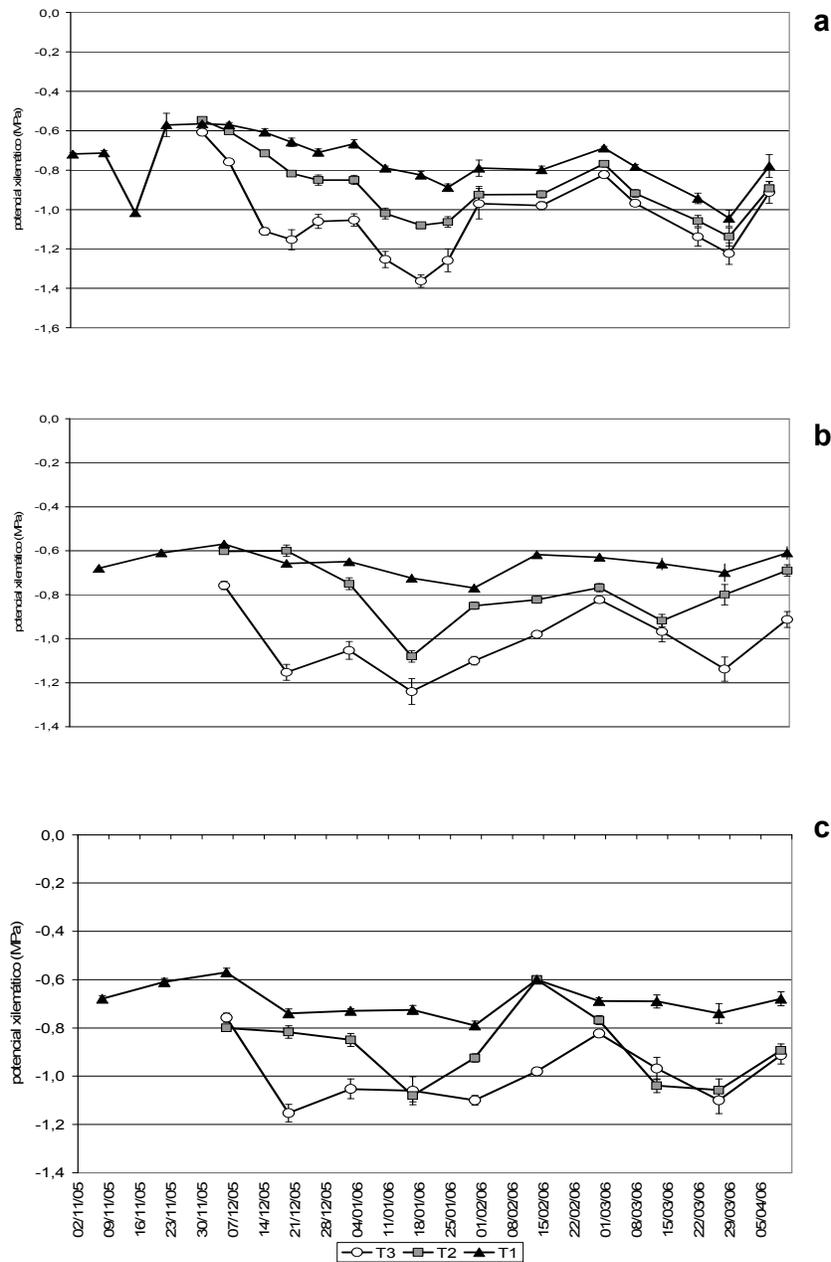


Figura 6. Variación estacional del potencial tallo a mediodía de cerezos 'Bing' durante la imposición de los tratamientos de riego en tres temporadas. Los símbolos representan la media de 10 mediciones. Barras verticales indican error estándar de las medias, barras no visibles están dentro del área del símbolo.

3.4. CRECIMIENTO VEGETATIVO

3.4.1. Brotos

Al finalizar cada ciclo de cultivo (2006-2007 y 2007-2008) en el tratamiento de mayor restricción hídrica (T3) se observa una evidente disminución del crecimiento vegetativo (Tabla 5).

Tabla 5. Crecimiento de brotes de cerezo 'Bing' de los tratamientos de riego al finalizar cada ciclo de cultivo

Tratamiento	Ciclo 2006-2007			Ciclo 2007-2008		
	Longitud (cm) ^z	Número de entrenudos	Longitud de entrenudos (cm)	Longitud (cm) ^z	Número de entrenudos	Longitud de entrenudos (cm)
T1	42 a ^y	20 a	2,1 a	44 a	20 a	2,2 a
T2	39 ab	19 ab	2,1 a	46 a	20 a	2,3 a
T3	32 b	16 b	1,9 b	34 b	17 b	2,0 b

^zMedia de 40 brotes

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

En el tratamiento de menor restricción (T2), en cambio, se vio una tendencia, aunque no estadísticamente significativa, a una reducción de la longitud de brotes con respecto al tratamiento de riego a demanda plena (T1) sólo en el ciclo 2006-07. Probablemente las abundantes precipitaciones registradas durante la temporada estival en el ciclo 2007-2008 dificultaron la imposición del estrés hídrico en la intensidad planteada en forma permanente.

En T3 también fue menor el número y longitud de entrenudos en ambos ciclos, lo que pone en evidencia una detención anticipada del crecimiento de brotes en este tratamiento (Tabla 5).

La longitud de brotes, número de entrenudos y longitud promedio de entrenudos indican un clarísimo control del crecimiento vegetativo en el tratamiento de mayor restricción hídrica (T3) (Tabla 4). Estos resultados indicarían que en plantaciones jóvenes y cultivares de cerezo vigorosas, la imposición de restricciones hídricas en poscosecha permite controlar el crecimiento excesivo, que afecta negativamente la precocidad de la plantación.

3.4.2. Tronco

El incremento del área de sección de tronco a 30 cm del nivel del suelo medido luego de los tratamientos de déficit y antes de la brotación del ciclo siguiente puso en evidencia el efecto de la restricción hídrica impuesta a lo largo de las dos temporadas. En ambos tratamientos de restricción el crecimiento del área de tronco fue significativamente menor que el del testigo (Figura 7).

La disminución de los incrementos de área de sección transversal de tronco ha sido utilizada como un indicador claro de disminución de vigor en cerezos (Edin et al. 1997; Elfving y Visser 2005).

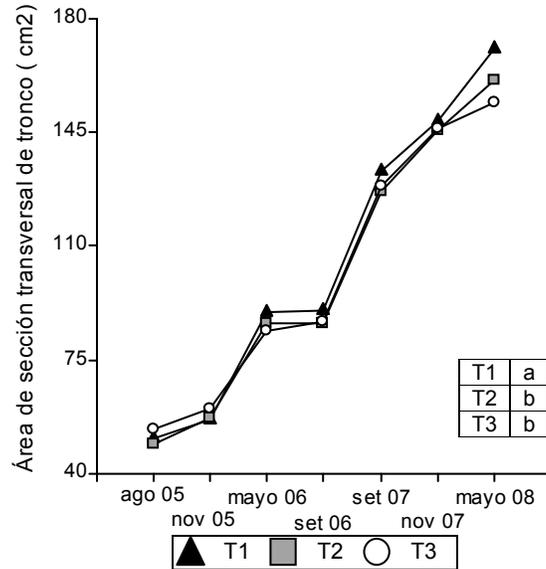


Figura 7. Perfiles de crecimiento de área de sección transversal de tronco de cerezo 'Bing' de los tratamientos de riego. Los símbolos representan la media de 10 árboles. Barras verticales indican error estandar de las medias, barras no visibles están dentro del área del símbolo. Separación de perfiles de crecimiento según Prueba de Hotelling ($P \leq 0,05$)

3.5. EVALUACION DE MACRO Y MICRONUTRIMENTOS FOLIARES

Los contenidos de macro y micronutrientos foliares se consideran adecuados para el crecimiento de cerezos en los tres tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6. Concentración de macro y micronutrientos foliares de cerezo 'Bing' de los tratamientos de riego. Año 2007

Tratamiento	T1	T2	T3
Macronutrientos (% de materia seca)			
Nitrógeno ^z	2,70 a ^y	2,63 a	2,77 a
Fósforo ^z	0,16 a	0,16 a	0,18 a
Potasio ^z	1,76 a	1,99 b	1,97 b
Calcio ^z	1,73 a	1,48 a	1,52 a
Magnesio ^z	0,36 a	0,34 a	0,33 a
Micronutrientos (mg.kg ⁻¹ de materia seca)			
Hierro ^z	133,17 a	103,67 b	138,17 a
Zinc ^z	16,67 a	11,17 a	11,17 a
Manganeso ^z	34,33 a	30,33 a	32,33 a

^zMedia de 3 muestras de 32 hojas

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

Similares resultados se obtuvieron en los análisis foliares realizados en 2008 (datos no presentados).

Se ha señalado que el sistema radical de los árboles frutales tiene una gran capacidad de absorción de nutrientes, y por eso, aunque la extracción de nutrientes puede ser modificada por la distribución de raíces sus efectos aparecen sólo cuando el árbol está bajo estrés severo o cuando la demanda es particularmente alta.

3.6. EVALUACION DE RESERVAS DE CARBOHIDRATOS NO ESTRUCTURALES

La concentración de almidón en raíces en el invierno fue mayor que la de carbohidratos solubles en todos los tratamientos de riego (Figura 8).

Los resultados obtenidos indican que el almidón es material de reserva más abundante que los carbohidratos solubles en las raíces durante el receso invernal.

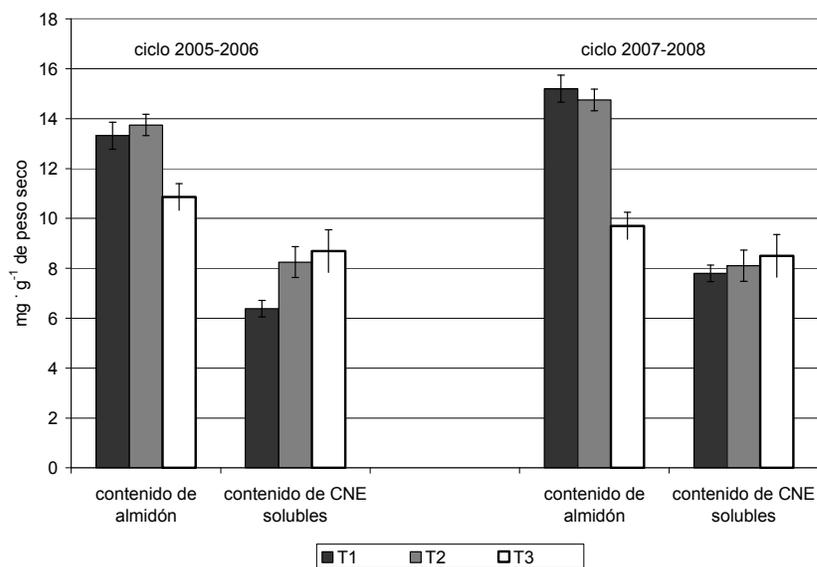


Figura 8. Concentración de carbohidratos no estructurales invernales en raíces de cerezo 'Bing' luego de los tratamientos de riego, ciclos 2005-2006 y 2007-2008. Las barras representan la media de 10 muestras de raíz. Barras verticales indican error estándar de las medias.

En el tratamiento de mayor restricción hídrica (T3) el contenido de almidón en raíces fue menor que en el testigo y en cambio aumentó la concentración de carbohidratos solubles con respecto a T1 (Figura 8). En el ciclo 2007-2008 la disminución de almidón en raíces fue más marcada, lo que podría indicar un efecto detrimental de restricciones hídricas severas sobre la acumulación de reservas insolubles (Figura 8).

En este ensayo la restricción hídrica por un largo período, 5 meses, podría haber limitado la fotosíntesis en T3 y restringir la acumulación de almidón. En cuanto al efecto de la restricción hídrica sobre los carbohidratos solubles se ha señalado respuestas diversas en raíces, de aumento o disminución, atribuidas al diferente comportamiento de cada carbohidrato soluble, al período de déficit y a la intensidad del mismo. En raíces de cerezo se ha indicado un aumento significativo de la concentración de sorbitol, principal sustancia de transporte en muchas especies de la familia de las Rosáceas, que tendría un rol preponderante en las relaciones hídricas en cerezo.

3.7. RETORNO DE FLORACIÓN Y CUAJE

En ambos ciclos la densidad de ramilletes no fue afectada por los tratamientos de restricción hídrica (Figura 9). Esto indicaría que luego de tres temporadas de restricción los

tres tratamientos de riego fueron igualmente eficientes en su capacidad de producir ramilletes.

Sin embargo se debe tener en cuenta que no todos los ramilletes fueron productivos, y a su vez los ramilletes productivos poseen distinta cantidad de yemas de flor. Así, al analizar la densidad de ramilletes con 2 o más yemas de flor, que han sido considerados de mayor potencial productivo (calidad aceptable), sí se encontraron diferencias entre los tratamientos de riego, y el riego de mayor restricción produjo mayor cantidad de ramilletes productivos (datos no presentados). El análisis en detalle de la densidad de ramilletes según su calidad (según número de yemas de flor por ramillete) (Figura 10 a y b) confirma el aumento de la densidad de ramilletes de mayor calidad en el tratamiento de mayor restricción (Figura 9).

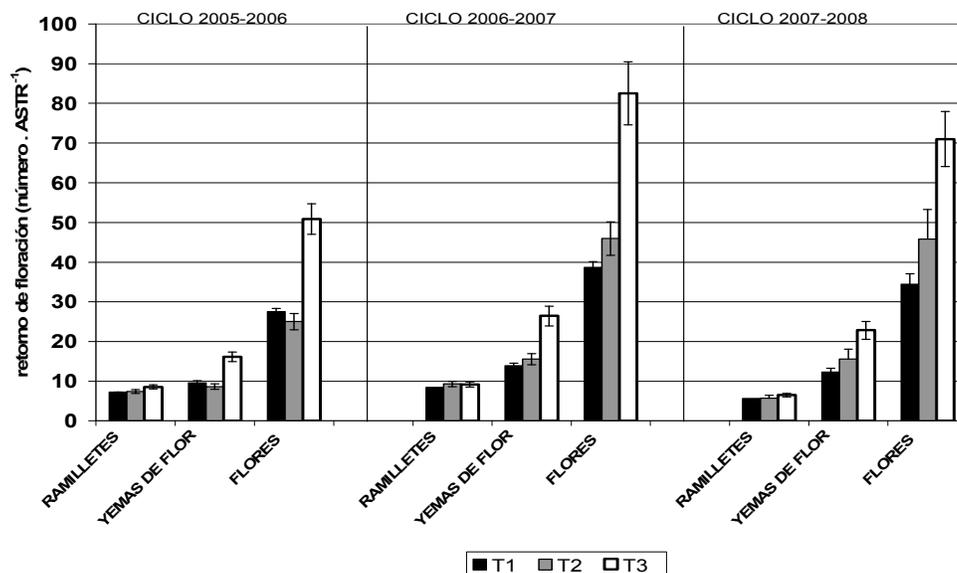


Figura 9. Eficiencia de producción de ramilletes, de yemas de flor, de flores y de frutos luego de los tratamientos de riego (n=40) Barras verticales indican EE de las medias.

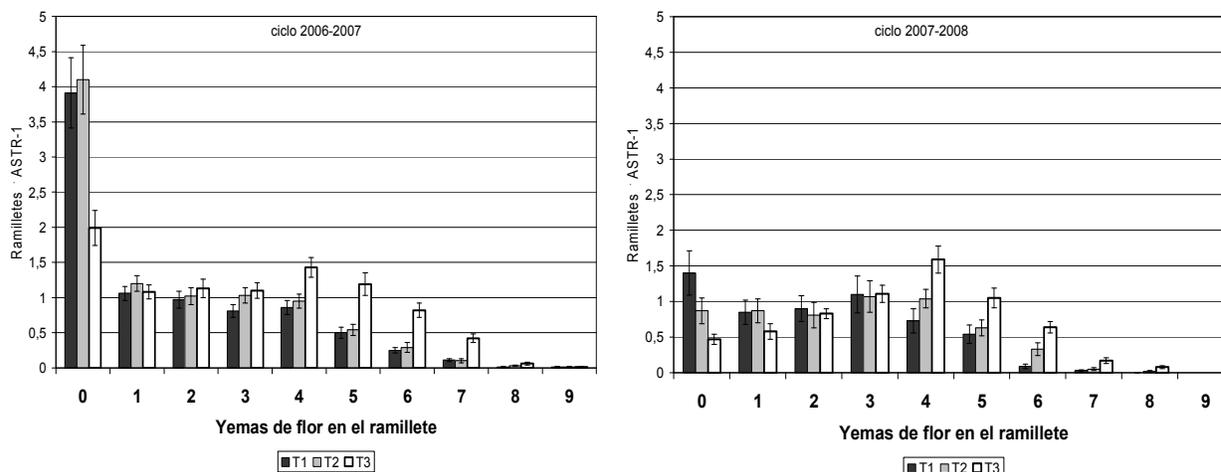


Figura 10. Densidad de ramilletes para cada calidad (establecida en función de su número de yemas de flor) de cerezo 'Bing' luego de los tratamientos de riego, ciclos 2006-2007 y 2007-2008. Las barras representan la media de 40 ramas. Barras verticales indican error estándar de las medias.

También aumentó significativamente en el tratamiento de mayor restricción hídrica (T3) la densidad de yemas de flor y la densidad de flores, debido no solo al aumento de la calidad de ramilletes sino también a la mayor calidad de las yemas de flor (yemas con más flores) (Figura 9 y Tabla 7).

Tabla 7 Flores por yema de flor de cerezo 'Bing' luego de los tratamientos de riego

Tratamiento	Flores/ yema de flor ^z
T1	2,87 b ^y
T2	2,89 b
T3	3,15 a

^zMedia de 50 yemas de flor

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

Los resultados confirman que el déficit hídrico favoreció la producción de flores en cerezo. En esta investigación la iniciación floral habría ocurrido en plantas bajo déficit hídrico, en las que el vigor fue reducido. El aumento de floración en tratamientos de restricción hídrica podría deberse a diferencias en el contenido de carbohidratos, en el nivel de nutrientes, en el nivel hormonal, o a una combinación de factores, como ha sido indicado por Larson et al. (1988).

3.8. RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS EN EL CICLO VEGETATIVO SIGUIENTE

La eficiencia productiva o eficiencia de los rendimientos, en ambos ciclos fue significativamente mayor en el tratamiento de mayor restricción hídrica (T3) con respecto a T1 y T2. (Figura 11), y se debió a una mayor densidad de flores y también a una menor área de sección de tronco, consecuencia de la reducción de vigor.

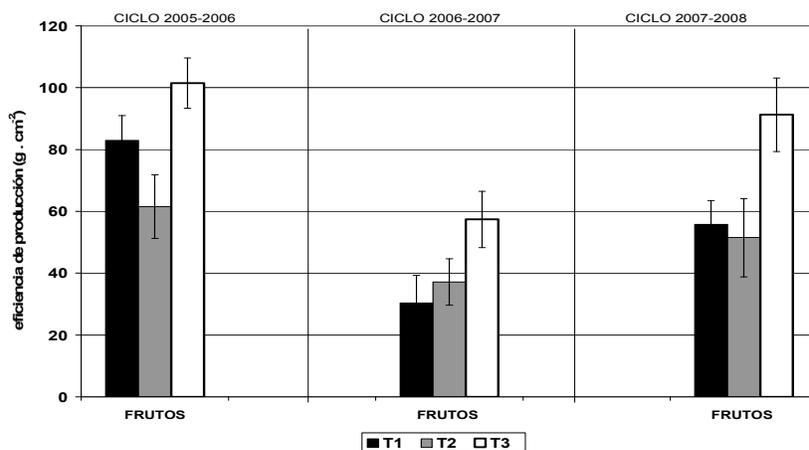


Figura 11. Eficiencia productiva de cerezo 'Bing' en cosecha luego de los tratamientos de riego (n= 10 árboles). Barras verticales indican EE de las medias

Los tratamientos de restricción hídrica no afectaron el calibre de los frutos y más del 50 % de los frutos presentaron calibre 24,1 a 26 mm (datos no presentados). Tampoco modificaron significativamente los parámetros de calidad de frutos (Tabla 8).

Tabla 8. Parámetros de calidad en frutos de calibre 24,1 a 26 mm (denominación comercial Extra Large) luego de los tratamientos de riego

Ciclo	Calibre (mm)	Tratamiento	Firmeza ^z	CSS (%) ^z	AT (% ác. Málico) ^y	CSS/AT ^y
2006-2007	24,1 a 26 (XL)	T1	59,5 a	22,1 a	1,1 a	19,2 a
		T2	60,5 a	21,7 a	1,2 a	18,2 a
		T3	58,3 a	22,3 a	1,1 a	19,1 a
2007-2008	24,1 a 26 (XL)	T1		22,4 a	1,1 a	19,9 a
		T2		22,4 a	1,2 a	19,2 a
		T3		22,1 a	1,1 a	19,6 a

^zMedia de 300 frutos

^yMedia de 30 submuestras de 10 frutos

^xPara cada calibre separación de medias en columnas según Prueba LSD de Fisher ($P \leq 0,05$)

En T2 la firmeza de frutos fue mayor en el primer ciclo (Tabla 8), lo cual podría explicarse por una menor carga frutal en este tratamiento, consecuencia de una tendencia a una menor densidad de yemas de flor y de flores (Figura 3) y a un cuaje de frutos muy irregular. En cerezas 'Bing' existen abundantes evidencias de aumento de firmeza de los frutos con una menor carga de frutos en el árbol (Podestá et al. 2006). En todos los tratamientos los frutos fueron considerados de alta calidad para exportación.

En el análisis de defectos en el tratamiento de mayor restricción hídrica (T3) la proporción de frutos dobles triplicó a la del testigo en el primer ciclo, y en el segundo ciclo aumentó la proporción de frutos con sutura hundida; aunque la magnitud de los defectos no fue significativa desde el punto de vista económico (datos no presentados). Ambos defectos podrían atribuirse a un aumento de la temperatura en la canopia durante el verano anterior. Se ha sugerido que el estrés hídrico no estaría directamente envuelto en la formación de frutos dobles y en cambio las temperaturas por encima de 30°C serían críticas en la formación de pistilos dobles (Beppu y Kataoka 1999, Beppu et al. 2002) y de frutos con sutura hundida (Southwick y Uyemoto 1999) en cerezos.

3.9. VALOR DE LA PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO

3.9.1 Cosecha acumulada

La respuesta en rendimiento total a los tratamientos de riego mostró diferencias entre éstos y el análisis de producción acumulada de tres años indica que el T3 fue el más productivo, con un incremento de 32 % respecto a T1 y 68 % en relación a T2 (Figura 12).

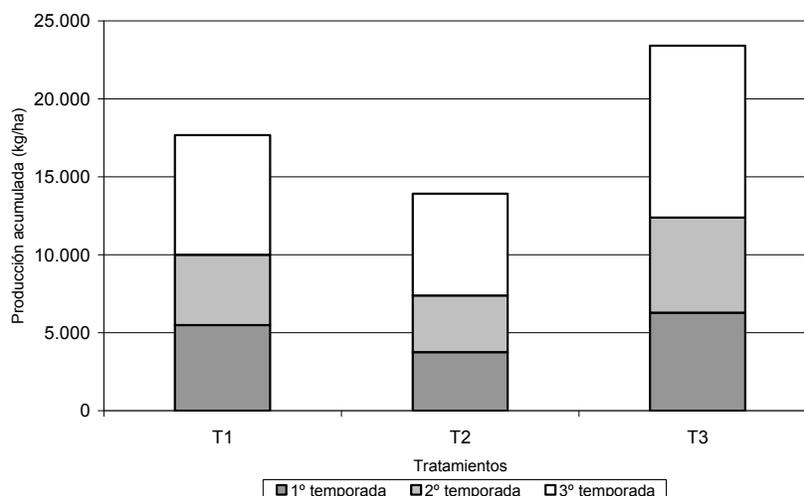


Figura 12. Rendimiento total acumulado en tres temporadas, expresado en kg/ha., para tres tratamientos de riego en cerezos cv. Bing.

Estos resultados permiten concluir que el déficit hídrico tuvo una fuerte influencia sobre la precocidad del cultivo, logrando un rendimiento superior a las 6 ton/ha, en el cuarto año desde la implantación (primera temporada en la Figura 12), y un acumulado superior a las 23 ton/ha en el período entre cuarto y sexto años. Es válido destacar que los niveles de producción logrados en este ensayo son muy superiores a los valores medios de la provincia de Mendoza. Dos causas pueden explicar esta situación:

- La tecnología de cultivo del monte frutal en que se realizó el ensayo, caracterizada por la implantación sobre portainjertos clonales, riego presurizado, manejo de ortopedia y arquitectura de plantas tendientes a lograr precocidad.
- La ejecución del ensayo sobre un sector de plantas seleccionadas por su homogeneidad en el desarrollo vegetativo y reproductivo, sin problemas sanitarios.

3.9.2 Destinos de la producción

En cerezos los rendimientos exportables son más importantes que los rendimientos totales porque de ellos depende en gran medida la rentabilidad del cultivo. Para el cálculo de los rendimientos exportables se consideraron las categorías comerciales en función del calibre de frutos y la presencia de frutos con defectos (Tabla 9).

Tabla 9. Rendimientos por categorías de calibres para tres tratamientos de riego en cerezos cv. Bing

Calibre comercial	Primera cosecha ^z (2006) (kg/ha)			Segunda cosecha (2007) (kg/ha)			Tercera cosecha (2008) (kg/ha)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
M (Medium)	52	59	59	0	0	0	22	118	252
L (Large)	977	548	844	150	0	74	710	1066	3071
XL(Extra large)	2842	1917	3041	1769	422	3774	2605	2250	3759
J (Jumbo)	1591	1236	2316	2671	3130	2220	3707	2523	3434
P (Premium)	37	15	30	44	59	52	622	577	488

^z promedio de kg/ha

La distribución porcentual de la producción acumulada, categorizada en función del destino comercial muestra que el tratamiento T3 produjo menores valores de fruta exportable en relación con los tratamientos T1 y T2 (Figura 13)

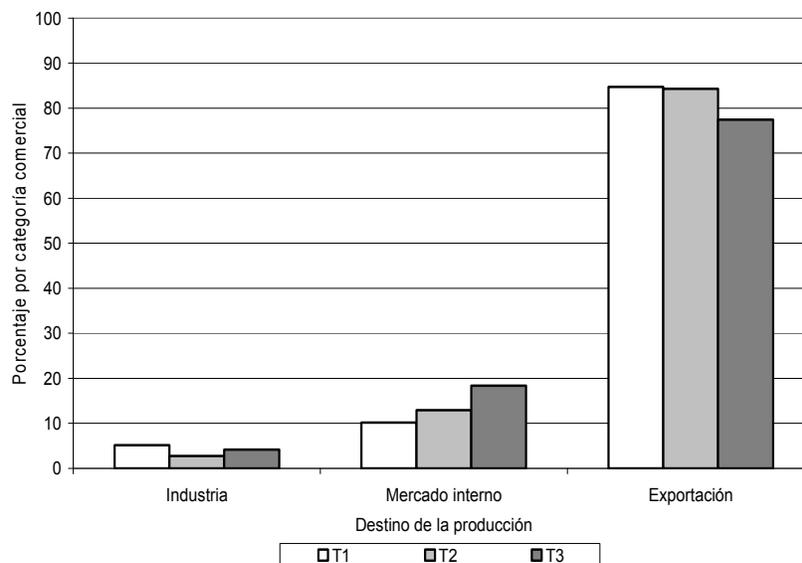


Figura 13. Distribución porcentual por destinos de la producción, para tres tratamientos de riego en cerezos cv. Bing.

Asumiendo que no se obtuvieron diferencias en los parámetros de calidad de la fruta (sólidos solubles y firmeza de frutos) las posibles diferencias en los resultados de la aplicación de diferentes estrategias de riego deben buscarse en la distribución por categorías de calibres y en el porcentaje de frutos con defectos. Aunque el porcentaje de frutos dobles en la cosecha 2006 fue mayor en T3, esta situación no modificó significativamente el volumen de fruta exportable que se obtuvo en este tratamiento de déficit hídrico. Sin embargo el análisis de la distribución por categorías de calibre para cada uno de los años de ensayo muestra que en el tercer año, que coincidentemente es en el que se logran los mayores rendimientos por hectárea, en el T3 se cosechó un volumen de frutos menores a 24 mm, significativamente mayor a los de los tratamientos T1 y T2 , y equivalente a un 30% de la cosecha total de ese año (Tabla 8).

De la integración de los rendimientos totales, la distribución por categorías de calibres y el porcentaje de defectos surge el volumen de fruta exportable para cada tratamiento. El rendimiento exportable varió entre 11.700 y 18.000 kg/ha, siendo el T3 el de mayor rendimiento exportable y el T2, el que tuvo los menores valores (Figura 14).

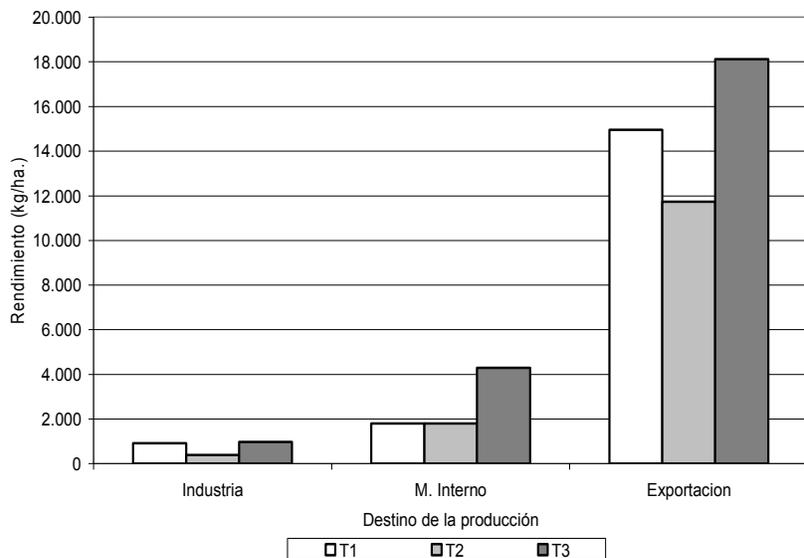


Figura 14. Rendimientos por destinos de la producción, expresado en kg/ha., para tres tratamientos de riego en cerezos cv. Bing.

3.9.3 Valor de la producción

Para cuantificar la influencia de distintas prácticas culturales sobre la rentabilidad del cultivo, Stover *et al.* (2001) han propuesto determinar el valor de la producción, en función de los objetivos comerciales propuestos para cada cultivo. En cerezos, el máximo retorno para el productor depende del peso de los frutos, de la distribución de calibres, de la calidad de frutos y del volumen de producción logrado en cosecha.

Un primer análisis muestra que el valor bruto de la producción (VBP) fue mayor en el tratamiento T3 con una diferencia, que expresada en términos porcentuales, fue de 28 % y 62 % en relación con los tratamientos T1 y T2 (Figura 15).

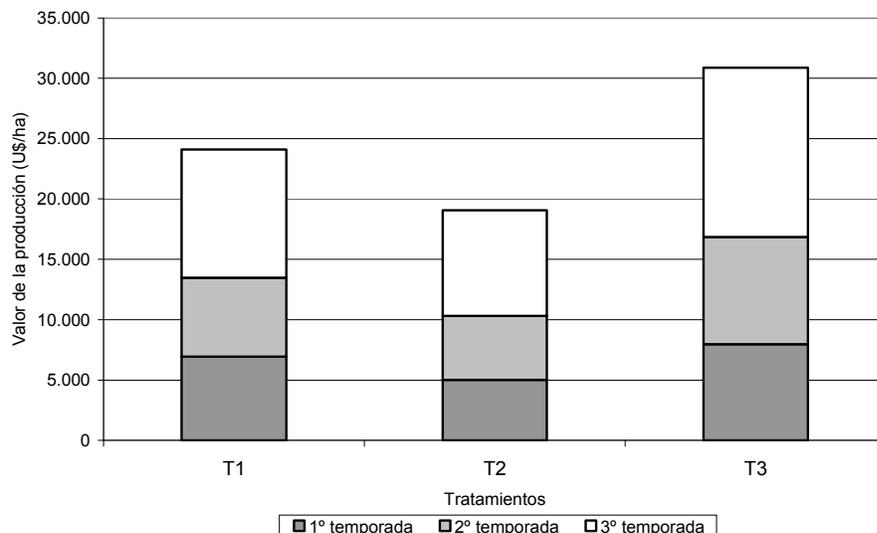


Figura 15. Valor bruto de la producción, expresado en US\$/ha., para tres tratamientos de riego en cerezos cv. Bing.

3.9.4. Costos de cultivo

La lectura del mapa de actividades para costeo por ABC, muestra que la primera actividad que sufrió cambios significativos por modificaciones en las estrategias de riego fue el consumo de energía. El tratamiento T3, con un déficit del 50% en el período de poscosecha hasta caída de hojas, permitió un ahorro del 69%, 48% y 38% para las tres temporadas de ensayo respectivamente, en relación con el tratamiento testigo (T1), que tuvo el 100 % del aporte de la demanda hídrica (Figura 16).

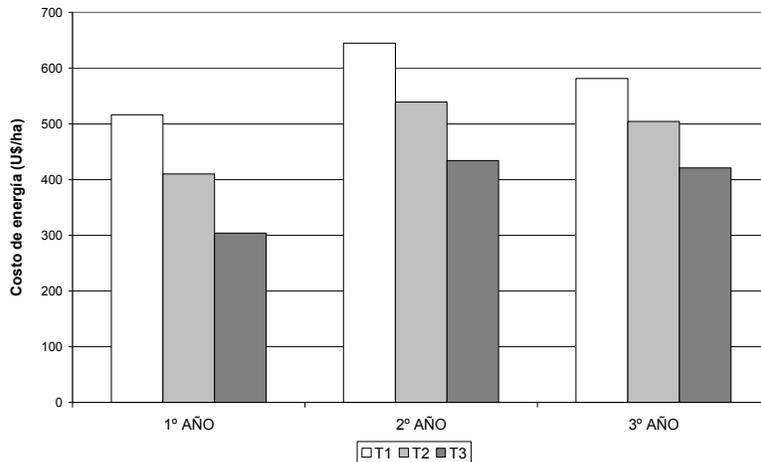


Figura 16. Costo de energía, expresado en U\$/ha., para tres tratamientos de riego en cerezos cv. Bing.

Costos ABC: actividades básicas

Como se ha explicado en párrafos anteriores la modificación en las estrategias de riego afectó directamente la cantidad de kilos que se cosecharon en cada tratamiento y en función de que el costo de cosecha (0,35 U\$/kg) tiene una fuerte incidencia sobre los costos totales, es de esperar una modificación sustancial del costo total por hectárea. Sin embargo, este aumento en el costo total sólo es significativo en el tercer año. En esta temporada la parcela del T3, tuvo un costo total, que expresado en porcentaje superó en un 25% al del T1. Esto tiene su explicación en que en las dos primeras temporadas, el aumento en el costo de cosecha fue recompensado por una disminución en el costo de la energía y entonces los tratamientos T1 y T3 no presentaron diferencias relevantes (Figura 17).

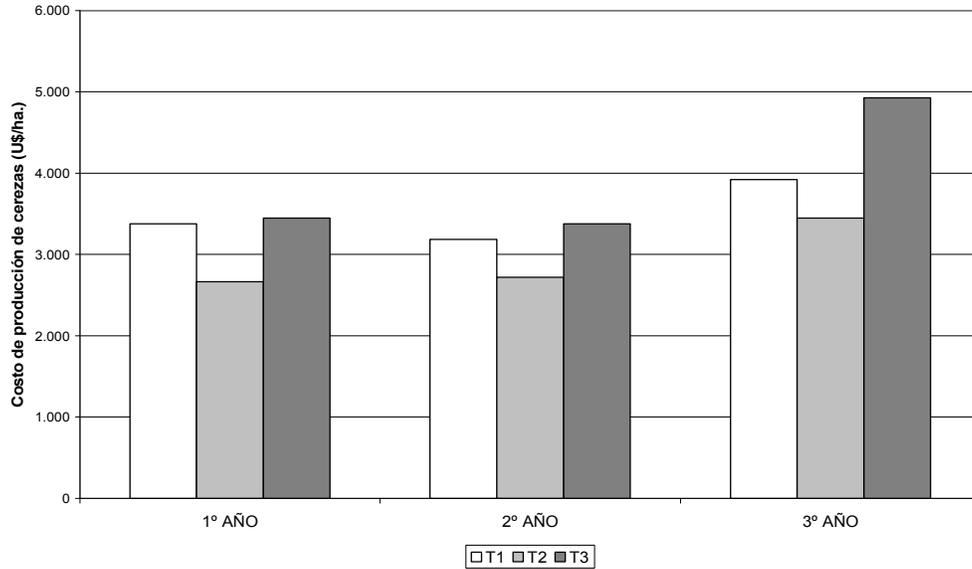


Figura 17. Costo de actividades básicas, expresado en U\$/ha., para tres tratamientos de riego en cerezos cv. Bing.

Al relacionar el costo de actividades básicas por sistema ABC con la producción lograda en cada año, se obtiene el costo unitario (costo/kg), que es un índice muy usado a nivel de productor y que sintetiza de manera adecuada la eficiencia en el uso de recursos imputados para obtener los objetivos planteados en el modelo de producción. Para los tres años de ensayo el T3 fue el tratamiento que tuvo los valores más bajos de costo unitario (Figura 18).

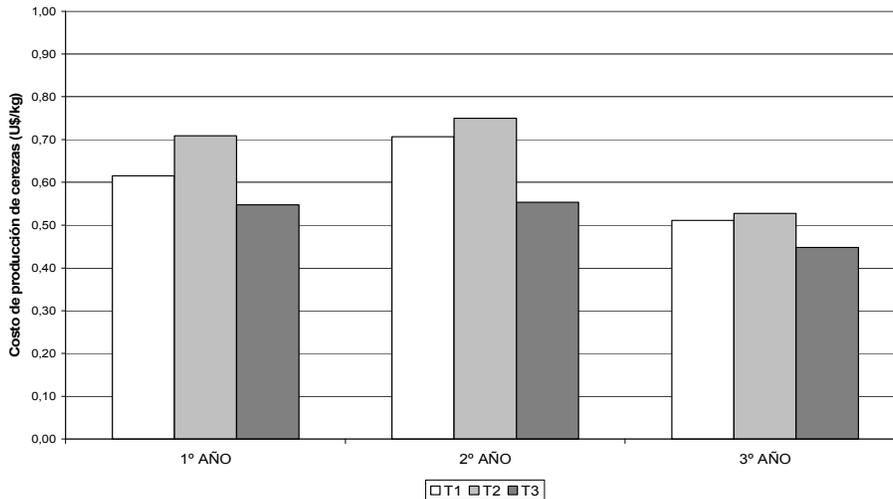


Figura 18. Costo unitario, expresado en U\$/kg, para tres tratamientos de riego en cerezos cv. Bing.

3.9.5 Ingresos, márgenes y resultados.

En base a los datos de valor bruto de la producción (VPB) y del costeo por ABC se calcularon el margen bruto y el resultado operativo. En los tres años y en los tres tratamientos se lograron resultados positivos, siendo el T3, el que produjo las mejores prestaciones en los índices de rentabilidad.

Tabla 10. Costos, ingresos, márgenes brutos y resultados operativos para tres tratamientos de riego en cerezos cv. Bing en tres ciclos vegetativos (U\$S/ha)

INDICADORES	Primera temporada (2006)			Segunda temporada (2007)			Tercera temporada (2008)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1. Costo ABC : actividades básicas (U\$S/ha)	3.377	2.665	3.445	3.183	2.719	3.379	3.921	3.448	4.927
2. Costo ABC : actividades de apoyo (U\$S/ha)	878	878	878	878	878	878	878	878	878
3. Costo operativo (1+2) (U\$S/ha)	4.254	3.543	4.323	4.061	3,597	4.256	4.799	4.325	5.805
4. Valor bruto de la producción (U\$S/ha)	6.940	5.010	7.963	6.535	5,285	8.884	10.637	8.786	14.018
5. Margen bruto (4-1) (U\$S/ha)	3.563	2.345	4.518	3.352	2.566	5.505	6.716	5.338	9.091
6- Resultado operativo (4-3) (U\$S/ha)	2.686	1.467	3.640	2.474	1.688	4.628	5.838	4.461	8.213

4. CONCLUSIONES

En plantaciones jóvenes y cultivares vigorosas de cerezo, la imposición de restricciones hídricas en poscosecha (50 % de Etc) durante tres temporadas a partir del tercer año de implantación:

- Permitted controlar el crecimiento vegetativo excesivo, que afecta negativamente la precocidad de la plantación.
- No afectó contenido de macro y micronutrientes foliares. Aunque disminuyó el contenido de reservas de carbohidratos no estructurales insolubles (almidón) en raíces.
- Promovió la floración precoz a través de la mejora de la calidad de los ramilletes (mayor número de yemas de flor) y del aumento de la cantidad de flores por yema fructífera
- Aumentó la eficiencia productiva
- No afectó la calidad de los frutos en las variables de firmeza, CSS, AT y relación CSS/AT. Incrementó levemente la proporción de frutos con sutura hundida
- Produjo importantes ahorros de agua
- Aumentó los rendimientos, totales y exportables, y como consecuencia aumentó el valor de la producción.
- Disminuyó el costo unitario de producción, en base a una mejora sustancial en la productividad de los recursos utilizados

- Produjo aumentos en el margen bruto y en el resultado operativo, mejorando los índices de rentabilidad

Hipótesis

Se confirma que en árboles vigorosos un estrés hídrico controlado en poscosecha impuesto durante tres temporadas disminuyó el crecimiento vegetativo y aumentó la floración y fructificación, aumentando la precocidad de la plantación y la rentabilidad del cultivo. Si bien redujo las reservas de almidón en raíces, esta disminución no comprometió la productividad luego de tres años.

5. BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- 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.
- BALMER, M. 2001. Sweet cherry tree densities and tree training. Compact Fruit Tree 34(3):75-77.
- BANCO CENTRAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA.2009 Cotización dólar [en línea], [http://www.bcra.gov.ar].[Consulta: 12 de febrero de 2009].
- 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.
- BEPPU, K.; KATAOKA, I. 1999. High temperature rather than drought stress is responsible for the occurrence of double pistils in Satohnishiki' sweet cherry. Scientia Horticulturae 8(2): 125-134
- BEPPU, K.; SUEHARA,T.; KATAOKA, I. 2002. High temperature and drought stress suppress the photosynthesis and carbohydrate accumulation in 'Satohnishiki' sweet cherry. Acta Horticulturae, 618: 371-377.
- CLAVERIE, J.; LAURI, P.È.; LESPINASSE, J.M. 1999. Conduit du cerisier. L'arbre et sa conduit, nouveaux concepts. Réussir Fruits et Légumes 177: 41-47.
- DICHIO, B.; XILOYANNIS, C.; SOFO, A.; MONTANARO, G. 2006. Effect of post-harvest regulated deficit irrigation on carbohydrate and nitrogen partitioning, yield quality and vegetative growth of peach trees. Plant and Soil 290(1): 127-137.
- 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.
- EDIN, M.; GARCIN, A. 1994. Étude de nouveaux systèmes de conduit pour Tabel Edabriz. Infos-Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes 101: 41-46.
- 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.
- 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.
- FACTEAU, T.J.; CAHN, H. 2000. Cherry rootstock trials in Oregon. Good Fruit Grower 51(9): 48-50.
- FERERES, E.; ALDRICH, T.M.; SCHULBACH, H.; MARTINICH, D.A. 1981. Responses of young almond trees to late season drought. Calif. Agr. 35 (7-8): 11-12.

- 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. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias, Mendoza, Argentina. p 151-178.
- FLORE, J.A.; LAYNE, D. R. 1999. Photoassimilate production and distribution in cherry. *HortScience* 34(6): 1015-1019.
- GRASSI, C.J. 1998. Fundamentos del riego. Serie Riego y Drenaje RD-38. Ed. CIDIAT, Mérida, Venezuela, 392 p.
- INFOSTAT. 2004. InfoStat, version 2004. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- INSTITUTO DE DESARROLLO RURAL. 2008. Programa red provincial de precios pagados al productor. [en línea] Mendoza, Argentina.[<http://www.idr.org.ar>]. [Consulta 10 de octubre de 2008].
- JOHNSON, R.S.; HANDLEY, D.F. 2000. Using water stress to control vegetative growth and productivity of temperate fruit trees. *HortScience* 35(6): 1048-1050.
- 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.
- KAPPEL, F. 2002. Managing the self-fertile 'Lapins' and 'Sweetheart' sweet cherries in high density systems. *Compact Fruit Tree* 35(4):113-114.
- KAPPEL, F.; FISCHER-FLEMING, B.; HOGUE, E. 1998. Fruit characteristic and sensory attributes of an ideal sweet cherry. *HortScience* 31(3): 443- 446.
- KAPPEL, F.; LICHOU, J. 1994. Flowering and fruiting of 'Burlat' sweet cherry on size-controlling rootstock. *Hort. Science* 29(6): 611-612.
- KAPPES, E.M. 1985. Carbohydrate production, balance and translocation in leaves, shoots and fruits of 'Montmorency' sour cherry, Ph.D. dissertation, Michigan State University, East Lansing.
- KELLER, J.D.; LOESCHER, W.H. 1989. Nonstructural carbohydrate partitioning in perennial parts of sweet cherry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:969-975.
- LANG, G.A. 2000. Precocious, dwarfing, and productive-how will new cherry rootstocks impact the sweet cherry industry? *HortTechnology* 10:719-725.
- LANG, G.A. 2005. Underlying principles of high density sweet cherry production. *Acta Hort.* 667:325-335.
- LANG, G.; OPHARDT, D. 2000. Intensive crop regulation strategies in sweet cherries. *Acta Hort.* 514:227-234.
- 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.
- LONG, L.E.; FACTEAU, T.; NUÑEZ-ELISEA, R.; CAHN, H. 2005. Developments in high density cherries in the USA. *Acta Hort.* 667:303-309.
- 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.
- MELAND, M. 1998. Yield and fruit quality of 'Van' sweet cherry in four high density production systems over seven years. *Acta Hort.* 468: 425-432.
- MERRIAM, J.L.; KELLER, J. 1978. Farm irrigation systems evaluation. A guide for management, 3rd edition. Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah State University. Logan, USA. 235 p.
- MITCHELL, P.D.; CHALMERS, D.J. 1982. The effect of reduced water supply on peach tree growth and yields. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*197:853-856.
- MITCHELL, P.D.; JERIE, P.H.; CHALMERS, D.J. 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.
- NEGUEROLES PÉREZ, J. 2005. Cherry cultivation in Spain. *Acta Hort.* 667:293-301.

- NIELSEN, G.; KAPPEL, F. 1996. Bing sweet cherry leaf nutrition is affected by rootstock. HortScience 31: 1169-1172.
- PIZARRO, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia. Goteo, microaspersión y exudación. 3° Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 513 p.
- PODESTÁ, L. 2007. Influencia de restricciones hídricas poscosecha en el crecimiento vegetativo y reproductivo en plantaciones jóvenes de cerezo (*Prunus avium* L.). Tesis de Maestría en Riego y Drenaje. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza, Argentina. 99 p.
- 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.
- ROBINSON, T.L. 2005. Developments in high density sweet cherry pruning and training systems around the world. Acta Hort. 667:269-272.
- ROBINSON, T.L.; ANDERSEN, R.L.; HOYING, S.A. 2004. Performance of Gisela cherry rootstocks in the Northeastern United States. Acta Hort. 658:231-240.
- ROPER, T.R.; KELLER, J.D.; LOESCHER, W.H.; ROM, C.R. 1988. Photosynthesis and carbohydrate partitioning in sweet cherry: fruiting effects. Physiol. Plant 72:42-47.
- SALADIN, G.; MAGNÉ, C.; CLEMENT, C. 2003. Effect of flumioxazin herbicide on carbon nutrition of *Vitis vinifera* L. J Agric. Food. Chem. 51:4017-4022.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, D; HEMMINGSEN, E. 1965. Sap pressure in vascular plants. Science, N.Y. 148:339-346.
- SEKSE, L. 1995. Cuticular fracturing in fruit cherry (*Prunus avium* L.) resulting from changing soil water contents. Journal of Hort. Sci. 70(4): 631-635.
- SHACKEL, K.; LAMPINEN, S.; SIBBETT, S.; OLSON, W. 2000. The relation of midday stem water potential to the growth and physiology of fruit trees under water limited conditions. Acta Hort. 537:425-430.
- SHACKEL, K.; 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.; PHILIPS, 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.
- 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 2005]
- SOUTHWICK, S.M; UYEMOTO, J. 1999. Cherry crinkle leaf and deep suture disorders. [en línea]. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Pub. 8007. [http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8007. pdf],[Consulta, 30 de marzo 2007]
- STOVER, E, F. Wirth and T. Robinson. 2001. A method for assessing the relationship between cropload and crop value following fruit thinning. HortScience 36(1):157-161.
- 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.
- YEMM, E.; WILLIS, A. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochemistry 57:508-514.