



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**CONSUMO DE AGUA POR LA PLANTA DE SIETE ESPECIES
FRUTALES PRODUCIDAS EN CHILE**

MARIO ORLANDO ZÚÑIGA FUENTES

**SANTIAGO - CHILE
2013**

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**CONSUMO DE AGUA POR LA PLANTA DE SIETE ESPECIES FRUTALES
PRODUCIDAS EN CHILE**

**PLANT WATER CONSUMPTION OF SEVEN FRUIT SPECIES PLANTED IN
CHILE**

MARIO ORLANDO ZÚÑIGA FUENTES

SANTIAGO - CHILE
2013

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de título

**CONSUMO DE AGUA POR LA PLANTA DE SIETE ESPECIES FRUTALES
PRODUCIDAS EN CHILE**

Memoria para optar al título profesional
de Ingeniero Agrónomo

MARIO ORLANDO ZÚÑIGA FUENTES

Profesores Guías	Calificaciones
Sr. Rodrigo Callejas R. Ingeniero Agrónomo, Dr. Sc. Agr.	5,8
Sr. Cristián Kremer F. Ingeniero Agrónomo, Ph. D.	6,1
Profesores Evaluadores	
Sr. Gabino Reginato M. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	6,0
Sra. María Verónica Díaz M. Ingeniera Agrónoma, Mg. Sc.	6,0
Colaborador	
Sra. María Cecilia Peppi A. Ingeniera Agrónoma, M. S., Ph. D.	

SANTIAGO-CHILE
2013

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis profesores guías Rodrigo Callejas y Cristián Kremer por darme la opción de realizar esta memoria, además de brindarme su apoyo y comprensión durante la realización de ésta.

A la profesora M^a Cecilia Peppi por su tiempo, consejos y excelente disposición en todo momento.

A mi madre Gloria por su constante apoyo, sacrificio y paciencia durante todos estos años. A mi padre Orlando por ser mi ejemplo de esfuerzo y perseverancia desde siempre, son mi mayor orgullo y sin ustedes nada de esto sería posible.

A mis hermanos Valeria y Juan Pablo por estar ahí siempre, aconsejarme y sobretodo por aguantarme.

A mis tatas y tíos por todos sus conocimientos entregados y por enseñarme a valorar la vida y el trabajo en el campo, han sido lejos mis mejores profesores.

A mi hija Laura por ser la alegría y luz de mi vida, la mayor motivación para seguir siempre adelante.

Y de manera muy especial a Jeny por su amor incondicional, paciencia, consejos y por todo lo que significas para mí, sin ti nada de esto sería realidad.

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
El agua y la planta	4
Importancia del riego	4
Necesidades hídricas	5
Cálculo del consumo de agua por la planta	5
Métodos de estimación del consumo de agua	7
Objetivo	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
Lugar de estudio	9
Materiales	9
Métodos	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
Superficie y producción en Chile	11
Evapotranspiración de cultivo (ETc)	12
Coeficiente de cultivo (Kc)	12
Lisímetros de drenaje	13
Consumo de agua por la planta	14
Cerezo	15
Ciruelo japonés	19
Duraznero	22
Lisímetros de drenaje	22
Kiwi	25
Manzano	28
Nogal	32
Uva de mesa	36
Lisímetros de cultivo	36
Consumo de agua en huertos jóvenes	41
Tratamientos de riego durante postcosecha	43
Riego deficitario controlado (RDC)	45
CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	49

RESUMEN

El gran desarrollo que ha tenido la fruticultura en Chile en los últimos 25 años ha posicionado a nuestro país entre los principales productores de fruta del mundo, abasteciendo al Hemisferio Norte en época de contraestación. Además, la fruticultura juega un rol fundamental en la economía, no sólo por la gran cantidad de trabajo que genera, sino también por los ingresos que producen las exportaciones.

El óptimo empleo del agua de riego es un factor vital en el desarrollo de los árboles frutales, de manera de asegurar la obtención de producciones rentables y perdurables en años subsiguientes. Conocer y dar un uso eficiente a este recurso, cada vez más escaso, es fundamental, sobre todo considerando el largo período de sequía que viven muchas regiones del país.

Por este motivo se realizó el siguiente estudio, cuyo objetivo fue definir, a partir de la información nacional y extranjera, el consumo de agua anual en siete especies frutales producidas en Chile.

La información se ordenó a partir de la situación a nivel país de las siete especies en estudio. Posterior a esto, se explican de forma breve los conceptos de evapotranspiración de cultivo (ETc), coeficiente de cultivo (Kc) y el funcionamiento de los lisímetros de drenaje. Luego se presentan datos sobre el consumo de agua de las especies en estudio. Además se presenta información relacionada a otros estudios de interés, tales como consumo de agua en huertos jóvenes, tratamientos de riego durante la etapa de postcosecha y riego deficitario controlado.

La información sobre el consumo de agua varió en función de la literatura citada, dependiendo la variabilidad a condiciones climáticas. Se estimó el consumo anual, a modo de referencia, para la zona central de Chile en: 8.168 m³/ha/año para cerezo (*Prunus avium* L.); 6.639 m³/ha/año para ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl); 8.026 m³/ha/año para duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch); 8.665 m³/ha/año para kiwi (*Actinidia deliciosa* Chev.); 8.270 m³/ha/año para manzano (*Malus domestica* Borkh); 10.390 m³/ha/año para nogal (*Juglans regia* L.) y 10.712 m³/ha/año para uva de mesa (*Vitis vinifera* L.).

Palabras clave: evapotranspiración de cultivo, coeficiente de cultivo, lisímetros de drenaje.

ABSTRACT

The significant development of the fruit industry in Chile over the last 25 years, has positioned our country among the major fruit producers around the world, supplying fruit to the northern hemisphere during off-season. In addition, fruit production has a fundamental role in the economy, not only because of the great amount of labor associated, but also for income producing exports.

Optimal use of irrigation water is a key factor in fruit tree development, in order to ensure profitable and sustainable production the subsequent years. Knowledge and efficient use of this increasingly scarce resource is essential, especially considering the long period of drought that shows many regions of the country.

For this reason, the following study was conducted, whose objective was to define, from domestic and foreign information, the annual water consumption by seven fruit species produced in Chile.

The information was organized according to the situation of the seven species in the country. Later, crop evapotranspiration (ET_c), crop coefficient (K_c) and operation of drainage lysimeters, are briefly explained. Then we present data on water consumption according to each of the species under study. Additionally, information related to other studies of interest is presented, such as water consumption young orchards, irrigation treatments during postharvest stage and regulated deficit irrigation.

Information about water consumption varied according to literature cited, depending on variability by climatic conditions. Annual consumption for the central zone of Chile was estimated in: 8.168 m³/ha/year for cherry tree (*Prunus avium* L.); 6.639 m³/ha/year for japanese plum tree (*Prunus salicina* Lindl); 8.026 m³/ha/year for peach tree (*Prunus persica* (L.) Batsch); 8.665 m³/ha/year for kiwi plant (*Actinidia deliciosa* Chev.); 8.270 m³/ha/year for apple tree (*Malus domestica* Borkh); 10.390 m³/ha/year for walnut tree (*Juglans regia* L.) and 10.712 m³/ha/year for table grapes (*Vitis vinifera* L.).

Key words: crop evapotranspiration, crop coefficient, drainage lysimeters.

INTRODUCCIÓN

El agua y la planta

El agua es el factor de mayor importancia para la producción y diversificación de los cultivos (Carreño, 2007). En este sentido, este elemento no sólo debe asegurar la obtención de producciones rentables, sino que debe contribuir a mantener árboles capaces de producir en años subsiguientes (Ruiz-Sánchez y Girona, 1995).

Comprender la función del agua en las plantas es muy importante para que los productores busquen obtener el mayor beneficio del riego, complementado con otras prácticas culturales (Podestá *et al.*, 2011). El aporte de la cantidad necesaria, en el momento preciso, es fundamental para optimizar el crecimiento tanto de las plantas como de los frutos.

El agua en la planta cumple diversas funciones, entre éstas: (a) ser el principal componente de los tejidos vegetales (constituye entre el 80-98%); (b) regular la temperatura del follaje, al pasar del estado líquido al gaseoso en la transpiración, lo que permite mantener los estomas abiertos, por lo que junto con reducir la temperatura, se logra el intercambio gaseoso, vital para la fotosíntesis; (c) es el medio de transporte para la absorción de los nutrientes a través de las raíces, ya que todos los elementos minerales que la planta necesita ingresan a ésta disueltos en agua y, por último, (d) permite la expansión celular al ingresar a las células, por lo que un leve déficit afecta directamente el crecimiento de brotes y frutos (Podestá *et al.*, 2011).

Estimar el consumo de agua resulta fundamental para el crecimiento y desarrollo de las diferentes estructuras vegetales de la planta, así como lograr un equilibrio entre tamaño, calidad y producción de fruta.

Importancia del riego

Un buen manejo del riego se basa en optimizar la distribución del agua aplicada, de modo de incrementar la producción y calidad de la fruta. Las buenas prácticas de riego están diseñadas para mantener un adecuado nivel de humedad en la zona radical y minimizar la lixiviación del agua y nutrientes por debajo de la zona radical (Fares y Alva, 2000). Según Hillel (1998), el principal problema con el manejo del riego es determinar la frecuencia, cantidad y tiempo de riego para optimizar la productividad y el crecimiento de cultivos. Riegos insuficientes pueden afectar el crecimiento de árboles,

producción y calidad de fruta debido al estrés hídrico (Al-Yahyai, 2006). Por otro lado, el riego excesivo disminuye la disponibilidad de oxígeno para las raíces, inhibe la fotosíntesis, el transporte de hidratos de carbono, causa cierre de estomas y un menor crecimiento de las raíces (Kozlowski, 1997).

Necesidades hídricas

Las necesidades hídricas netas de un frutal están relacionadas a los procesos de crecimiento, mantención y pérdidas por transpiración y evaporación del suelo. Además, a medida que avanza la temporada de crecimiento, aumenta el área foliar, por lo tanto, aumenta el número de estomas y, en consecuencia, la transpiración (Orrego, 2007). A su vez, las necesidades brutas corresponden a las necesidades netas afectadas por la eficiencia de los métodos de riego utilizados (Santos *et al.*, 2010), sin poder lograr un 100% de eficiencia, ya que depende del sistema de riego, la calidad del diseño, la habilidad de la persona que riega y de las características físicas del suelo. García (2011) estimó en riego por surcos pérdidas entre 30-45%; en microaspersión cercanas al 30% y en riego por goteo las pérdidas pueden llegar hasta el 15%. Por estos motivos, es necesario aplicar una cantidad mayor de agua que la requerida por la planta (Orrego, 2007), generándose el gran desafío, para los ingenieros agrónomos, minimizar esa agua inútil, considerada un mal necesario.

La determinación de las necesidades hídricas requiere el conocimiento exacto de los distintos componentes del balance de agua en el suelo, que se fundamenta en el proceso de evapotranspiración.

Cálculo del consumo de agua por la planta

La evapotranspiración (ET) es la combinación de dos procesos diferentes por los que se pierde agua; desde el suelo, por evaporación y por transpiración desde el cultivo (Ferreira y Sellés, 2005). Estas pérdidas se expresan normalmente como altura de agua, en mm por día o por mes. También se puede expresar en volumen, en m³ por superficie.

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). Este elemento se evapora de diversos tipos de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos. A su vez, la transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera.

El concepto de evapotranspiración incluye tres diferentes definiciones: evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), parámetro relacionado con el clima, que expresa el poder evaporante de la atmósfera; evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c) y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar ($ET_{c\ aj}$).

La ET_c se refiere a la evapotranspiración en condiciones óptimas presentes en parcelas con un excelente manejo y adecuado aporte de agua, y que logra la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas (Santos *et al.*, 2010). Por otro lado, se tiene la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar ($ET_{c\ aj}$), referida a la evapotranspiración de cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes de las condiciones estándar, como, por ejemplo, bajo condiciones de campo.

La evapotranspiración real del cultivo puede desviarse de la ET_c debido a condiciones no óptimas, como son la presencia de plagas y enfermedades, salinidad del suelo, baja fertilidad del suelo y limitación o exceso de agua. Esto puede resultar en un reducido crecimiento de las plantas, menor densidad de plantas y así reducir la tasa de evapotranspiración por debajo de los valores de ET_c (Allen *et al.*, 1998). Se calcula utilizando un coeficiente de estrés hídrico K_s o ajustando el coeficiente de cultivo (K_c) a todos los otros tipos de condiciones de estrés y limitaciones ambientales en la evapotranspiración del cultivo.

A su vez, el K_c es un factor que integra las diferencias en evaporación y transpiración del cultivo de referencia con respecto a un frutal en particular (SEPOR, 2010). Entre los factores que afectan el K_c está: (a) el tipo de frutal o cultivo; (b) el clima y (c) la evaporación del suelo.

Los valores de K_c en árboles adultos deben utilizarse como orientativos y en todos los casos dependientes de cómo va evolucionando el ciclo anual del frutal (Ayars *et al.*, 2001).

Por otra parte, resulta fundamental el conocimiento de la evapotranspiración de cultivo (ET_c) para un manejo eficiente del riego, ajustando el volumen y la frecuencia del riego a los requerimientos de los cultivos (Puppo y García, 2010). Un buen manejo del riego se basa en optimizar la distribución del agua aplicada a modo de incrementar la producción y calidad de la fruta. Dentro de la programación del riego, el conocimiento de la etapa fenológica en que se encuentra la planta es muy importante, desde el punto de vista del manejo del frutal, tanto del ajuste de sus necesidades de agua, fertilizantes y otros agroquímicos, como de la determinación de los periodos críticos al déficit de riego (Torrecillas *et al.*, 2000).

Entre las estrategias que permiten reducir los consumos de agua están las orientadas a disminuir los aportes de este recurso con mínimo impacto en la producción, esto se

logra a través de las estrategias de riego deficitario controlado (RDC) (Chalmers *et al.*, 1981), el que consiste en imponer períodos de déficit hídrico estacional que resulten en algún beneficio económico (Behboudian *et al.*, 1994).

Métodos de estimación del consumo de agua

La determinación de las necesidades de agua de un cultivo se pueden realizar por diversos métodos; una forma directa sería mediante el lisímetro de drenaje, recipiente de gran tamaño, relleno con suelo o material inerte, en donde se establece la planta objeto de estudio. Se coloca a la intemperie, sobre una superficie donde pueda recogerse el agua que escurra. Periódicamente se pesa el recipiente, lo que permite conocer el agua perdida por evapotranspiración durante el periodo que se considere. Este método es costoso y difícil de implementar, por lo que sólo se realiza en trabajos de investigación (Fuentes, 1996).

Por otra parte, Penman (1948) combinó el balance energético con el método de la transferencia de masa y derivó una ecuación para calcular la evaporación de una superficie abierta de agua a partir de datos climáticos estándar de horas sol, temperatura, humedad atmosférica y velocidad de viento. Este método, conocido como combinado, fue desarrollado posteriormente por muchos investigadores y ampliado a las superficies cultivadas por medio de la introducción de factores de resistencia (Allen *et al.*, 1998).

Dado el mejor comportamiento y consistencia del método FAO Penman-Monteith en el ámbito global, se recomienda como método estándar de cálculo. Esto se debe a que existe una elevada probabilidad de que este método prediga correctamente los valores de ETo en una amplia gama geográfica y climática y cuenta con previsiones para su uso en situaciones de falta de datos. En este sentido, no se aconseja el uso de las antiguas ecuaciones de FAO o de otra ecuación para el cálculo de ETo (Santos *et al.*, 2010).

Entre las nuevas técnicas para determinar el consumo de agua de las plantas está la técnica Eddy Covarianza. Este método ha sido ampliamente utilizado en micrometeorología por más de 30 años, sin embargo, ahora se encuentra disponible con una metodología más firme e instrumentación avanzada para cualquier disciplina, incluyendo ciencia, industria, agricultura, seguimiento ambiental y regulación de emisiones (INIA, 2013).

Debido a que la información disponible sobre los requerimientos hídricos de las principales especies frutales producidas en Chile varía considerablemente, según características del suelo y clima, se consideró necesario recopilar y tabular información de algunas de las principales especies frutales producidas en Chile, como son: cerezo (*Prunus avium* L.), ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl), duraznero (*Prunus persica*

(L.) Batsch), kiwi (*Actinidia deliciosa* Chev.), manzano (*Malus domestica* Borkh), nogal (*Juglans regia* L.) y uva de mesa (*Vitis vinifera* L.).

Objetivo

Estimar para siete especies frutales cultivadas en Chile, de acuerdo a diversas fuentes de información en la literatura, el consumo anual de agua de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El estudio se realizó en las dependencias de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Materiales

Los materiales para la realización de esta memoria de título fueron diversas fuentes de información. Se utilizaron libros, memorias de título, tesis y revistas científicas ISI y Scielo impresas o disponibles en internet relacionados con el tema en estudio. Además se recopiló información de las bases de datos disponibles en la Universidad de Chile.

Métodos

Respecto al ámbito o espectro de búsqueda, la información estuvo delimitada al consumo de agua por los frutales bajo diferentes condiciones climáticas, en árboles adultos en plena producción. Se recopiló información relacionada con el consumo de agua por frutales a nivel nacional y extranjero, y se realizó un análisis crítico de ésta y extrayendo datos de interés, que se estructuraron en cuadros, partiendo de lo general a lo específico.

La información se ordenó a partir de la situación en Chile de las siete especies en estudio, distribución y concentración de la superficie, además de datos de producción (toneladas exportadas durante 2012) y ventas. Posterior a esto, a modo de antecedentes, se explicaron brevemente los conceptos de evapotranspiración de cultivo (ETc), el coeficiente de cultivo (Kc) y el funcionamiento de los lisímetros de drenaje. Luego se presentó la información recolectada en la literatura sobre el consumo de agua, tanto por el cálculo de la ETc como mediante el uso de lisímetros en las especies en estudio, además de presentar los Kc utilizados en los estudios de interés. Posterior a esto, se presentaron los consumos propuestos para las siete especies en estudio, calculados a partir de la evapotranspiración de referencia (ETo) de las principales localidades donde se producen estas especies en nuestro país y de los Kc utilizados en algunos estudios.

Además, se da a conocer la información relacionada con el consumo de agua en huertos jóvenes y se presentan resultados de estudios de tratamientos de riego durante la etapa de postcosecha y riego deficitario controlado (RDC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Superficie y producción en Chile

La fruticultura en Chile juega un rol fundamental en la economía del país, aportando \$1.016.426 del PIB en el año 2009 (ODEPA, 2013) y generando más de 400 mil empleos en plena temporada (FEDEFRUTA, 2010). Las siete especies abordadas en este estudio representan más del 11% de la superficie destinada a la agricultura (cultivos permanentes y anuales) con más de 150 mil hectáreas (ODEPA, 2013).

Cuadro 1. Distribución, superficie, toneladas y ventas de fruta fresca de las siete especies en estudio.

Especie	Distribución	Superficie	Zona de mayor concentración	Exportación de fruta fresca en 2012	Valor
	región	ha	región	ton	miles de USD FOB
Cerezo	IV-X	13.174	VI-VII	63.508	350.615
Ciruelo japonés	V-VIII	6.203	R.M.-VI	104.482	154.770
Duraznero	IV-VII	8.574	R.M.-VI	94.165	126.044
Kiwi	V-X	10.920	R.M.-VI	218.224	200.875
Manzano	V-X	35.030	VI-VII	762.005	710.729
Nogal	IV-IX	16.260	V-VI	24.079	197.515
Uva de mesa	III-VII	53.869	III-VI	812.152	1.401.159

Fuente: ODEPA, (2013).

Evapotranspiración de cultivo (ETc)

La evapotranspiración de referencia (ET_o) se define como la tasa de evapotranspiración de una superficie cultivada de césped, de unos 8 a 12 cm de altura, bien desarrollada y uniforme, que cubre totalmente el suelo y tiene un crecimiento activo, estando siempre bien regado (Doorembos y Pruitt, 1977; Allen *et al.*, 1994; Tuñón, 2000).

Una vez definida la ET_o de una localidad en la época de máxima demanda, corresponde determinar los requerimientos del cultivo de interés, es decir, la evapotranspiración de cultivo (ET_c). Para estimar la ET_c debe considerarse que ésta depende, entre otros aspectos, de las condiciones climáticas, tipo y estado de desarrollo del cultivo, y de la disponibilidad de agua en el suelo. La evapotranspiración de cultivo (ET_c) se calcula como el producto de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y el coeficiente del cultivo (K_c), según la siguiente fórmula:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

Donde:

ET_c: Evapotranspiración de cultivo (mm/día).

K_c: Coeficiente del cultivo (adimensional).

ET_o: Evapotranspiración de referencia (mm/día).

Coeficiente de cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo (K_c) integra las diferencias de la evaporación en el suelo y la tasa de transpiración del cultivo, entre el cultivo y la superficie del pasto de referencia. Como la evaporación del suelo varía diariamente como resultado de la lluvia o el riego, el coeficiente de cultivo es sólo una expresión de los efectos promedios en el tiempo (múltiples días) de la evapotranspiración del cultivo (Allen *et al.*, 1998).

Debido a que el K_c representa un promedio de la evaporación del suelo y la transpiración, este procedimiento se utiliza para estimar ET_c para períodos de tiempo semanales o mayores, a pesar de que los cálculos puedan realizarse en forma diaria. El K_c promediado en el tiempo se utiliza para estudios a nivel de planificación y para el diseño de sistemas de riego, donde sea razonable y pertinente considerar los efectos promedio del humedecimiento del suelo (Orgaz y Fereres, 2004).

El efecto del estado de desarrollo del árbol (superficie que cubre la copa) en la ET_c es considerado por el coeficiente K_r, que toma valores de poco más de cero (0), para un

frutal recién plantado, hasta uno (1), para un frutal adulto e intensivo en óptimas condiciones de riego, que ocupa eficientemente el espacio asignado según la densidad de plantación elegida.

El Kr se podría determinar de forma aproximada utilizando la relación que Fereres *et al.* (1981), propuesta para el almendro:

$$K_r = 2 \cdot S_c / 100$$

Donde S_c (superficie cubierta) es el porcentaje de suelo sombreado por la copa del árbol al mediodía y se estima en función del diámetro de la copa de los árboles de la plantación a regar (D en metros) y de la densidad de plantación (N plantas/ha):

$$S_c = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot N}{400}$$

De este modo, el K_r no puede superar el valor de 1, por lo que la primera ecuación sólo se debe utilizar para valores menores al 50% de S_c .

En el mismo sentido, para huertos jóvenes o plantaciones con bajo desarrollo vegetativo, donde el porcentaje de suelo sombreado al mediodía fuese menor del 65%, Podestá *et al.* (2011) proponen para el caso de durazneros:

$$E_{Tc} = E_{To} \cdot K_c \cdot K_r$$

En donde K_r (factor de cobertura) se puede obtener aplicando la siguiente expresión, siempre que el porcentaje de superficie sombreada (SS) esté entre 8 y 65%:

$$K_r = -0,0194 SS^2 + 2,8119 SS - 0,080$$

A partir del 65% de SS el factor K_r será 1.

Lisímetros de drenaje

Los lisímetros son estanques aislados llenados con suelo en los que el cultivo se desarrolla. En lisímetros de pesaje de precisión, la evapotranspiración (ET) se puede medir con una gran exactitud, pues las pérdidas de agua son medidas directamente por el cambio de masa y se pueden considerar períodos cortos de tiempo, como una hora. En los lisímetros de drenaje (Figura 1), la ET es medida por un período de tiempo determinado, restando la cantidad de agua de drenaje, recogida en el fondo de los lisímetros, de la cantidad total de agua aplicada (Abrisqueta *et al.*, 2010). Un requisito de los lisímetros es que la vegetación dentro y fuera del lisímetro sea lo más parecida posible (similar altura e índice de área foliar), a fin de evitar generar datos erróneos y poco representativos de E_{Tc} y K_c . El gran problema de los lisímetros es que resultan

difíciles de manejar y caros de construir, además, su operación y mantenimiento requieren de especial cuidado; es por eso que su uso se restringe normalmente a trabajos de investigación.



Figura 1. Lisímetro de drenaje en duraznero (Abrisqueta, 2010).

Consumo de agua por los frutales

Con el objetivo de estimar para cada especie frutal el consumo anual de agua, se realizaron cuadros comparativos entre variedades de cada especie en estudio, a fin de adaptar la información disponible y utilizarla en Chile. Para cada especie, se dan a conocer datos de los estudios realizados en base a la estimación del consumo de agua mediante la evapotranspiración de cultivo (ET_c) y/o lisímetros de drenaje. También, se presentan los coeficientes de cultivo (K_c) utilizados en algunos estudios, todos transformados para las épocas en que se produce el desarrollo foliar en el hemisferio sur. Se proponen consumos de agua para las principales localidades donde se producen las siete especies en estudio, según la ET_c , calculada en base a la evapotranspiración de referencia (ET_o) y los coeficientes de cultivo (K_c) utilizados en los diversos estudios y adaptados para las condiciones de Chile.

Cerezo (*Prunus avium* L.)

El cerezo es una especie de hoja caduca, que en nuestro país tiene una superficie plantada en plena producción de 13.174 hectáreas (ODEPA, 2013), concentradas principalmente entre la VI y VII Región. Durante el año 2012 las exportaciones de fruta fresca fueron de 63.508 toneladas ubicándose como la décima especie más exportada en Chile y como la más plantada en los últimos años pasando de 7.125 hectáreas en 2005 a 15.198 en 2012 (incluidos huertos en formación) (ODEPA, 2013).

Dehghanisanij *et al.* (2007) determinaron un consumo de 8.764 m³/ha/año en la localidad de Moghan, Irán, con el 75% de la ETc, sin que se ocasionaran daños en crecimiento de estructuras vegetales ni en la producción y calidad de la fruta.

Ferreira (2000), en Chile Chico, Chile, y Demirtas *et al.* (2007), en Bursa, Turquía, en las variedades Bing y Z-900, obtuvieron resultados similares en cuanto al consumo equivalentes a 6.510 y 6.591 m³/ha/año, respectivamente (Cuadro 2). En ambos estudios los autores utilizaron el 100% de ETc. Finalmente, Nielsen *et al.* (2005), en British Columbia, Canadá, estimaron en la variedad Lapins un consumo anual de 5.752 m³/ha/año. (Cuadro 3).

Existió una alta variabilidad en el consumo de agua que va desde 5.752 a 8.764 m³/ha/año, proponiéndose consumos para tres de las principales localidades productoras de cerezos de nuestro país, calculados en base a la evapotranspiración de referencia (ETo) de la localidad propuesta. El coeficiente de cultivo utilizado en cada mes fue promedio de los valores calculados en los estudios de Ferreira (2000), Dehghanisanij *et al.* (2007), Podestá (2007) y Candogan y Yazgan (2010).

El consumo propuesto es: para la localidad de Buin, R.M., 9.939 m³/ha/año, para Chimbarongo, VI Región, 8.184 m³/ha/año y para Romeral, VII Región, 8.168 m³/ha/año (Cuadro 4).

Cuadro 2. Consumo de agua en cerezos, obtenido por diferentes autores durante la(s) temporada(s) en que se realizó el estudio.

Variedad	Localidad/ País	Condición climática	Temporada	ETo	ETc	Precip. efect.	Consumo de agua	Tratamiento	Sistema de riego	Autor
No informada	Moghan, Irán	Semiárido	1997	1.357	1.007	131	8.764	75% ETc	Goteo	Dehghanisani <i>et al.</i> (2007)
Bing	Chile Chico, Chile	Templado	1998-1999	796	586	84	6.510	100% ETc	Goteo	Ferreyra (2000)
Lapins	British Columbia, Canadá	Templado	1998-2000	-	-	-	5.752	100% ETc	Aspersor	Nielsen <i>et al.</i> (2005)
Z-900	Canakkale, Turquía	Templado	2001-2002	-	683	50	6.591	100% ETc	Micro-aspersor	Demirtas <i>et al.</i> (2007)

- No hay datos.

Cuadro 3. Coeficiente de cultivo (Kc) en cerezos para cada mes, utilizados por diferentes autores durante la(s) temporada(s) en que se realizó el estudio.

Variedad	Localidad/País	Temporada	Coeficientes de cultivo (Kc) según mes del Hemisferio Sur (o adaptado a éste)												Autor	
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
No informada	Moghan, Irán	1997	1,03	1,00	0,87	-	-	-	-	-	-	0,70	0,73	0,83	0,97	Dehghanisanij <i>et al.</i> (2007)
Bing	Chile chico, Chile	1998-1999	0,90	0,90	0,85	0,65	-	-	-	-	-	0,25	0,45	0,55	0,80	Ferreyra (2000)
Z-900	Canakkale, Turquía	2001-2002	1,06	1,06	0,94	0,69	-	-	-	-	-	-	-	0,79	0,84	Candogan y Yazgan (2010)
Bing	Mendoza, Argentina	2005-2006	1,10	1,10	1,10	0,85	-	-	-	-	-	0,45	0,55	0,75	1,00	Podestá (2007)

Cuadro 4. Consumo anual de agua propuesto para cerezos en distintas localidades, calculado en base a la evapotranspiración de referencia de la localidad y los Kc adaptados para la especie.

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
Buin, R.M.	ETo (mm)	210,1	164,6	127,8	76,8	45,3	30,5	34,6	50,9	77,7	117,7	154,6	197,7	1288
	Kc	1,02	1,01	0,94	0,73	-	-	-	-	0,47	0,58	0,73	0,90	
	ETc (mm)	214,3	166,2	120,1	56,1	-	-	-	-	36,5	68,3	112,8	219,6	993,9
Consumo anual propuesto: 9.939 m ³ /ha/año.														
Chimbarongo, VI Región	ETo (mm)	180,6	141,5	109,8	66,0	39,0	26,2	29,8	43,7	66,8	101,2	132,8	169,9	1107
	Kc	1,02	1,01	0,94	0,73	-	-	-	-	0,47	0,58	0,73	0,90	
	ETc (mm)	184,2	142,9	103,2	48,2	-	-	-	-	31,4	58,7	96,9	152,9	818,4
Consumo anual propuesto: 8.184 m ³ /ha/año.														
Romeral, VII Región	ETo (mm)	180,2	141,2	109,6	65,9	38,9	26,6	29,7	43,6	66,6	101,0	132,6	169,6	1105
	Kc	1,02	1,01	0,94	0,73	-	-	-	-	0,47	0,58	0,73	0,90	
	ETc (mm)	183,8	142,6	103,0	48,1	-	-	-	-	31,3	58,6	96,8	152,6	816,8
Consumo anual propuesto: 8.168 m ³ /ha/año.														

Construido a partir de la información de: CNR (1997), Ferreyra (2000) y Podestá (2007).

Ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl)

El ciruelo japonés es una especie de hoja caduca, que en nuestro país se cultiva desde la V a la VIII Región (ODEPA, 2013). Las exportaciones durante el año 2012 fueron de 104.482 toneladas de fruta fresca (ODEPA, 2013) ubicándose como la quinta especie más exportada en Chile.

En la variedad Fortune, Battilani (2003), en Ravenna, Italia, estimó un consumo de 6.721 m³/ha/año (Cuadro 5), con el 100% de la ETc, sin ningún efecto negativo sobre el crecimiento vegetativo y con un buen nivel de producción y calidad de fruta. Este consumo es similar a la de otros estudios (variedad Santa Rosa con un consumo anual de 6.160 m³/ha/año).

En el Cuadro 6 se presentan los Kc utilizados en estudios sobre el consumo de agua en ciruelo japonés según el estado fenológico de la planta.

El coeficiente de cultivo utilizado correspondió al propuesto por Fernández *et al.* (1999).

El consumo propuesto para dos de las principales localidades productoras de ciruelo japonés de nuestro país, como Melipilla, R.M., es de 5.859 m³/ha/año y para la localidad de Rengo, VI Región, es de 6.639 m³/ha/año (Cuadro 7).

Cuadro 5. Consumo de agua en ciruelo japonés, obtenido por diferentes autores durante la(s) temporada(s) en que se realizó el estudio.

Especie	Variedad	Localidad/ País	Condición climática	Temporada	ET _o	ET _c	Precip. efect.	Consumo de agua	Tratamiento	Sistema de riego	Autor
					mm	mm	mm	m ³ /ha/año			
Ciruelo japonés	Fortune	Ravenna, Italia	Sub-húmedo	1998-2001	-	454	191	6.721	100% ET _c	Goteo	Battilani (2003)

Cuadro 6. Coeficientes de cultivo (K_c) según el estado fenológico, para la zona de Ravenna, Italia, durante los años 1994-2002 en ciruelo japonés variedad Fortune.

Estado fenológico	K _c
Floración - fruto de 2,5 cm de diámetro	0,5
Diámetro del fruto 2,5 cm – embriogénesis (endurecimiento completo del carozo)	0,6
Embriogénesis - expansión celular de frutas rápido	0,7
Expansión celular de fruta rápido –cosecha	0,8
Postcosecha	0,7

Fuente: Battilani, (2003).

Cuadro 7. Consumo anual de agua propuesto para ciruelo japonés en distintas localidades, calculado en base a la evapotranspiración de referencia de la localidad y los Kc adaptados para la especie.

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
Melipilla, R.M.	ETo (mm)	108,6	141,5	109,8	66,0	39,0	26,2	29,8	43,7	66,8	101,2	132,8	169,9	1107
	Kc	0,90	0,90	0,70	0,65	-	-	-	-	-	0,40	0,55	0,75	
	ETc (mm)	97,7	127,4	76,9	42,9	-	-	-	-	-	40,5	73,1	127,4	585,9
Consumo anual propuesto: 5.859 m ³ /ha/año.														
Rengo, VI Región	ETo (mm)	184,3	144,4	112,1	67,3	39,8	26,8	30,4	44,6	68,1	103,3	135,6	173,5	1130
	Kc	0,90	0,90	0,70	0,65	-	-	-	-	-	0,40	0,55	0,75	
	ETc (mm)	165,8	129,9	78,5	43,7	-	-	-	-	-	41,32	74,6	130,1	663,9
Consumo anual propuesto: 6.639 m ³ /ha/año.														

Construido a partir de la información de: CNR (1997); Fernández *et al.* (1999).

Duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch)

El duraznero (incluyendo nectarines) en Chile, alcanza una superficie plantada de 8.574 hectáreas (ODEPA, 2013), concentradas principalmente entre la R.M. y VI Región. La cosecha comienza en la zona central a fines de noviembre y se extiende hasta la segunda quincena de febrero (Gratacós, 2009), además es la sexta especie frutal más exportada del país.

Naor *et al.* (1999) estimaron para el nectarín “Fairlane” un consumo de 5.845 m³/ha/año durante dos temporadas sucesivas en Galilea, Israel, con un nivel cercano al 100% de la ETc (Cuadro 8). Por otra parte, Girona *et al.* (2003) y Girona *et al.* (2005), en duraznero “Sudanell” y “Andross” estimaron consumos de 6.757 y 6.431 m³/ha/año, en estudios realizados en Lleida, España. Ayars *et al.* (2003) en California, EE.UU., estimaron un consumo de 10.185 m³/ha/año en durazneros de la variedad O`Henry.

Lisímetros de drenaje. Ayars *et al.* (2003) estudiaron el consumo de agua de la variedad de duraznero O`Henry en un lisímetro de drenaje en California, EE.UU., durante cuatro temporadas sucesivas, registrando el consumo promedio en 10.345 m³/ha/año (Cuadro 9). En la misma especie, Puppo y García (2010) realizaron un estudio sobre el consumo de agua en la variedad Dixiland, en Canelones, Uruguay, en las tres primeras temporadas de crecimiento, determinándose un consumo de 5 mm/día en la primera temporada y 6 mm/día en las dos temporadas siguientes, registrándose en promedio un consumo de 11.948 m³/ha/año durante los tres años en que se realizó el estudio.

En el Cuadro 10 se presentan los Kc utilizados en distintos estudios sobre el consumo de agua en durazneros, según el mes del año.

Como la información presentada sobre el consumo de agua en durazneros tiene una alta variabilidad, que va desde 5.845 a 10.185 m³/ha/año, se proponen consumos para dos de las principales localidades productoras de durazneros de Chile. El coeficiente de cultivo utilizado en cada mes fue el promedio de los valores de Kc calculados en los estudios de Dichio *et al.* (2007), Abrisqueta *et al.* (2010) y Podestá *et al.* (2011).

El consumo propuesto para la localidad de Paine, R.M., es de 8.026 m³/ha/año y para la localidad de Rengo, VI Región, es de 7.325 m³/ha/año (Cuadro 11).

Cuadro 8. Consumo de agua en durazneros, obtenido por diferentes autores durante la(s) temporada(s) en que se realizó el estudio.

Variedad	Localidad/ País	Condición climática	Temporada	ET _o	ET _c	Precip. efect.	Consumo de agua	Tratamiento	Sistema de riego	Autor
				mm	mm	mm	m ³ /ha/año			
O'Henry	California, EE.UU.	Templado	1991-1994	-	1.023	-	10.185	100% ET _c	Goteo	Ayars <i>et al.</i> (2003)
Sudanell	Lleida, España	Templado	1994-1996	831	-	-	6.757	100% de ET _c	Goteo	Girona <i>et al.</i> (2003)
Andross	Lleida, España	Templado	1998-2000	826	-	-	6.143	100% de ET _c	Goteo	Girona <i>et al.</i> (2005)
Fairlane (nectarin)	Galilea, Israel	Semiárido	1996-1997	-	-	-	5.845	92-106% ET _c	Goteo	Naor <i>et al.</i> (1999)

Cuadro 9. Consumo de agua en durazneros estimado mediante el uso de lisímetros de drenaje.

Variedad	Localidad/ País	Condición climática	Temporada	ET _o	ET _c (mm)	Consumo de agua	Autor
				mm	mm	m ³ /ha/año	
O'Henry	California, EE.UU.	Templado	1991-1994	-	-	10.345	Ayars <i>et al.</i> (2003)
Dixiland	Canelones, Uruguay	Templado	2004-2007	-	1.190	11.948	Puppo y García (2010)

Cuadro 10. Coeficiente de cultivo (Kc) en durazneros para cada mes, utilizados durante la(s) temporada(s) en que se realizó el estudio.

Variedad	Localidad/País	Temporada	Coeficientes de cultivo (Kc) según mes del Hemisferio Sur (o adaptado a éste)												Autor
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Springcrest	Montescaglioso, Italia	1999-2001	0,80	0,80	-	-	-	-	-	-	0,50	0,75	0,95	1,00	Dichio <i>et al.</i> (2007)
Flordastar	Murcia, España	2006-2008	0,50	0,40	0,40	0,40	0,30	-	-	0,40	0,60	0,70	0,95	0,80	Abrisqueta <i>et al.</i> (2010)

Cuadro 11. Consumo anual de agua propuesto para durazneros en distintas localidades, calculado en base a la evapotranspiración de referencia de la localidad y los Kc adaptados para la especie.

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
Paine R.M	ETo (mm)	196,9	154,3	119,7	71,9	42,5	28,6	32,5	47,7	72,8	110,3	154,6	197,7	1207
	Kc	0,73	0,68	0,58	0,54	-	-	-	-	0,57	0,75	0,93	0,90	
	ETc (mm)	143,7	104,9	69,4	38,8	-	-	-	-	41,5	82,7	143,7	177,9	802,6
Consumo anual propuesto: 8.026 m ³ /ha/año.														
Rengo, VI Región	ETo (mm)	184,3	144,4	112,1	67,3	39,8	26,8	30,4	44,6	68,1	103,3	135,6	173,5	1130
	Kc	0,73	0,68	0,58	0,54	-	-	-	-	0,57	0,75	0,93	0,90	
	ETc (mm)	134,5	98,1	65,0	36,3	-	-	-	-	38,8	77,5	126,1	156,2	732,5
Consumo anual propuesto: 7.325 m ³ /ha/año.														

Construido a partir de la información de: CNR (1997); Dichio *et al.* (2007), Abrisqueta *et al.* (2010) y Podestá *et al.* (2011).

Kiwi (*Actinidia deliciosa* Chev.)

El kiwi es una enredadera de hoja caduca, que en Chile, posee una superficie plantada de 10.920 hectáreas (ODEPA, 2013), concentradas principalmente entre la VI y VII Región. Esta especie tuvo un gran desarrollo a mediados de los años ochenta, con fuertes inversiones, pero a fines de la misma década las plantaciones se detuvieron. Esta situación cambió en los últimos años, y hoy en día es la tercera especie frutal más exportada por Chile (ODEPA, 2013), situando a nuestro país entre los tres principales productores de kiwi a nivel mundial tras Italia y Nueva Zelanda (Portal frutícola, 2013).

En la variedad Hayward, Manini y Genovesi (2004) determinaron que con el 100% de la ETc el consumo de agua fue de 7.887 m³/ha/año, en Bologna, Italia. Por su parte, Holzapfel *et al.* (2000), en Curicó, Chile, determinó consumos de 5.991 y 5.993 m³/ha/año en riego por goteo y por microjet, respectivamente, con 100% de ETc. En la variedad Allison, Chandell *et al.* (2003) estimaron un consumo de 10.370 m³/ha/año en Nauni-Solan, India, también con el 100% de la ETc (Cuadro 12).

En el Cuadro 13 se presentan los Kc utilizados en estudios sobre el consumo de agua en kiwi, según el mes del año.

La información sobre el consumo de agua en kiwis mostró una alta variabilidad, que va desde 5.991 a 10.370 m³/ha/año, por lo que se proponen consumos para dos de las principales localidades productoras de kiwis de nuestro país. El coeficiente de cultivo utilizado en cada mes fue el promedio de los valores de Kc calculados en los estudios de Xiloyannis *et al.* (1987) y Montanaro *et al.* (2007).

El consumo propuesto para la localidad de Quinta de Tilcoco, VI Región, es de 8.655 m³/ha/año y para la localidad de Curicó, VII Región es de 7.984 m³/ha/año (Cuadro 14).

Cuadro 12. Consumo de agua en kiwis, obtenido por diferentes autores durante la(s) temporada(s) en que se realizó el estudio.

Variedad	Localidad/ País	Condición climática	Temporada	ETo (mm)	ETc	Precip. efectiva	Consumo de agua	Tratamiento	Sistema de riego	Autor
Allison	Nauni- Solan, India	Árido	2001-2002	-	1.023	-	10.370	100% ETc	Goteo	Chandel <i>et al.</i> (2003)
	Bologna, Italia	Templado	2003	-	828	55	7.887	100% ETc	Goteo	Manini y Genovesi (2004)
Hayward	Curicó, Chile	Templado	1991-1993	-	894	-	5.993	100% ETc	Goteo	Holzapfel <i>et al.</i> (2000)
	Curicó, Chile	Templado	1991-1993	-	894	-	5.991	100% ETc	Microjet	Holzapfel <i>et al.</i> (2000)
	Metaponto, Italia	Templado	2005	-	715	-	10.012	140% ETc	Goteo	Montanaro <i>et al.</i> (2007)

Cuadro 13. Coeficiente de cultivo (Kc) en kiwis para cada mes, utilizados durante la(s) temporada(s) en que se realizo el estudio.

Variedad	Localidad/País	Temporada	Coeficientes de cultivo (Kc) según mes del Hemisferio Sur (o adaptado a éste)												Autor
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Hayward	Verzuolo, Italia	1984-1986	1,20	1,20	-	-	-	-	-	-	-	0,30	0,60	1,00	Xiloyannis <i>et al.</i> (1987)
	Metaponto, Italia	2005	1,10	1,10	0,80	0,80	-	-	-	-	-	0,50	0,70	0,90	Montanaro <i>et al.</i> (2007)

Cuadro 14. Consumo anual de agua propuesto para kiwis en distintas localidades, calculado en base a la evapotranspiración de referencia de la localidad y los Kc adaptados para la especie.

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
Quinta de Tilcoco, VI, Región	ETo (mm)	195,6	153,2	118,9	71,5	42,2	28,4	32,3	47,4	72,3	109,6	143,9	184,0	1199
	Kc	1,15	1,15	0,80	0,80	-	-	-	-	-	0,40	0,65	0,95	
	ETc (mm)	224,9	176,2	95,1	57,2	-	-	-	-	-	43,8	93,5	174,8	865,5
Consumo anual propuesto: 8.655 m³/ha/año.														
Curicó, VII Región	ETo (mm)	180,4	141,3	109,7	65,9	38,9	26,2	29,8	43,7	66,7	101,1	132,7	169,8	1106
	Kc	1,15	1,15	0,80	0,80	-	-	-	-	-	0,40	0,65	0,95	
	ETc (mm)	207,5	162,4	87,8	52,7	-	-	-	-	-	40,4	86,3	161,3	798,4
Consumo anual propuesto: 7.984 m³/ha/año.														

Construido a partir de la información de: CNR (1997); Xiloyannis *et al.* (1987) y Montanaro *et al.* (2007).

Manzano (*Malus domestica* Borkh)

El manzano es la segunda especie frutal de mayor importancia en Chile y su superficie se concentra principalmente entre la VI y VII Región. Durante el año 2012 se exportaron 762.005 toneladas.

En la variedad Golden Smothee, Girona *et al.* (2010), determinaron que con el 100% de la ETc el consumo de agua fue de 6.430 m³/ha/año, en Cataluña, España.

Orozco (2010) en Guerrero, México y Zegbe y Serna (2009) en Zacatecas, México, trabajando en la variedad Golden Delicious, con el 100% de la ETc, estimaron el consumo de agua en 9.480 y 6.890 m³/ha/año, respectivamente

Por su parte, Salinas (2009), en Longaví, Chile, determinó para la variedad Royal Gala, un consumo de 6.211 m³/ha/año, con 100% de ETc. En la variedad Fuji, Leib *et al.* (2006) estimaron un consumo de 7.870 m³/ha/año en Washington, EE.UU., también con el 100% de la ETc (Cuadro 15).

En el Cuadro 16 se presentan los Kc utilizados en estudios sobre el consumo de agua en manzanos, según el mes del año.

Existió una alta variabilidad en el consumo de agua que va desde 6.211 a 9.480 m³/ha/año, proponiéndose consumos para tres de las principales localidades productoras de manzanos de nuestro país, calculados en base a la evapotranspiración de referencia (ETo) de la localidad propuesta. El coeficiente de cultivo utilizado en cada mes fue el promedio de los valores calculados en los estudios Fallahi *et al.* (2010) y Orozco (2010).

El consumo propuesto es: para la localidad de Til Til, R.M., 9.723 m³/ha/año, para San Fernando, VI Región, 8.247 m³/ha/año y para Curicó, VII Región, 8.270 m³/ha/año (Cuadro 17).

Cuadro 15. Consumo de agua en manzanos, obtenido por diferentes autores durante la(s) temporada(s) en que se realizó el estudio.

Variedad	Localidad/ País	Condición climática	Temporada	ET _o	ET _c	Precip. efectiva	Consumo de agua	Tratamiento	Sistema de riego	Autor
				mm	mm	mm	m ³ /ha/año			
Fuji	Washington, EE.UU.	Semi-árido	2001-2003	931	787	40	7870	100% ET _c	Micro-aspersor	Leib <i>et al.</i> (2006)
Golden Smothee	Cataluña, España	Templado	2003-2004	-	643	-	6.430	100% ET _c	Goteo	Girona <i>et al.</i> (2010)
Golden Delicious	Zacatecas, México	Templado	2005-2007	778	689	138	6890	100% ET _c	Goteo	Zegbe y Serna (2009)
Golden Delicious	Guerrero, México	Templado	2008	-	882	-	9.480	100% ET _c	Micro-aspersor	Orozco (2010)
Royal Gala	Longaví, Chile	Templado	2008-2009	-	582	-	6211	100% ET _c	Microjet	Salinas (2009)

Cuadro 16. Coeficiente de cultivo (Kc) en manzanos para cada mes, utilizados durante la(s) temporada(s) en que se realizo el estudio.

Variedad	Localidad/País	Temporada	Coeficientes de cultivo (Kc) según mes del Hemisferio Sur (o adaptado a éste)												Autor
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Autmun Rose Fuji	Parma, Italia	1994-1997	1,04	1,04	1,00	0,79	-	-	-	-	-	-	0,71	0,96	Fallahi <i>et al.</i> (2010)
Golden Delicious	Guerrero, México	2005-2008	0,95	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,35	0,40	0,60	0,70	0,85	0,95	Orozco (2010).

Cuadro 17. Consumo anual de agua propuesto para manzanos en distintas localidades, calculado en base a la evapotranspiración de referencia de la localidad y los Kc adaptados para la especie.

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
Til Til, R.M.	ET _o (mm)	212	166,1	129	77,5	45,8	30,8	35,0	51,4	78,4	118,8	156,0	199,6	1300
	Kc	1,00	0,92	0,85	0,70	-	-	-	-	0,60	0,70	0,78	0,96	
	ET _c (mm)	212	152,8	109,7	54,3	-	-	-	-	47,0	83,2	121,7	191,6	972,3
Consumo anual propuesto: 9.723 m³/ha/año.														
San Fernando, VI Región	ET _o (mm)	179,9	141,0	109,1	65,7	38,8	26,1	29,7	43,6	66,5	100,8	132,4	169,3	1103
	Kc	1,00	0,92	0,85	0,70	-	-	-	-	0,60	0,70	0,78	0,96	
	ET _c (mm)	179,9	129,7	92,7	46,0	-	-	-	-	40,0	70,6	103,3	162,5	824,7
Consumo anual propuesto: 8.247 m³/ha/año.														
Curicó, VII Región	ET _o (mm)	180,4	141,3	109,7	65,9	38,9	26,2	29,8	43,7	66,7	101,1	132,7	169,8	1106
	Kc	1,00	0,92	0,85	0,70	-	-	-	-	0,60	0,70	0,78	0,96	
	ET _c (mm)	180,4	130,0	93,2	46,1	-	-	-	-	40,0	70,8	103,5	163,0	827
Consumo anual propuesto: 8.270 m³/ha/año.														

Construido a partir de la información de: CNR (1997), Fallahi *et al.* (2010) y Orozco (2010).

Nogal (*Juglans regia* L.)

El nogal es una especie de hoja caduca, que en nuestro país se cultiva desde la IV a la IX región con una superficie plantada de 16.260 hectáreas (ODEPA, 2013). Es la principal especie de frutos secos en Chile. Las exportaciones durante el año 2012 fueron de 24.079 toneladas, de las cuales sobre 13.000 corresponden a nueces con cáscaras, las cuales se exportan principalmente a Emiratos Árabes Unidos y Turquía. En tanto, cerca de 11.000 toneladas de nueces sin cáscara tienen como destino mercados latinoamericanos y europeos (ODEPA, 2013).

Goldhamer *et al.* (1990), en San Joaquín, EE.UU., estimaron en la variedad Chico un consumo de 10.566 m³/ha/año, con un nivel de ETc del 100%, mientras que Ferreyra *et al.* (1998), en San Esteban, Chile, en la variedad Serr, determinaron un consumo de 5.783 m³/ha/año. Por otra parte, Lampinen *et al.* (2001) realizaron en dos localidades (San Joaquín y Tehama EE.UU.) un estudio en la variedad Chandler, con niveles inferiores al 100% de la ETc sin observar efectos negativos en cuanto a la producción y calidad de la fruta, con consumos de 8.517 y 6.933 m³/ha/año, respectivamente (Cuadro 18).

En el Cuadro 19 se presentan los Kc utilizados en estudios sobre el consumo de agua en nogal, según el mes del año.

La información sobre el consumo de agua en nogales mostró una alta variabilidad, que va desde 5.450 a 10.566 m³/ha/año, por lo que se proponen consumos para dos de las principales localidades productoras de nogales de nuestro país. El coeficiente de cultivo utilizado en cada mes fue el promedio de los valores de Kc calculados en los estudios de Goldhamer *et al.* (1990) y Lui *et al.* (2005).

El consumo propuesto para la localidad de San Bernardo en la R.M. es de 10.390 m³/ha/año y para la localidad de Requinoa, VI Región es de 9.599 m³/ha/año (Cuadro 20).

Cuadro 18. Consumo de agua en nogales, obtenido por diferentes autores durante la(s) temporada(s) en que se realizó el estudio.

Variedad	Localidad/ País	Condición climática	Temporada	ET _o	ET _c	Precip. efect.	Consumo de agua	Tratamiento	Sistema de riego	Autor
				mm	mm	mm	m ³ /ha/año			
Nogal Chico	San Joaquín, EE.UU.	Templado	1987	-	1.037	-	10.566	100% ET _c	Micro-aspersor	Goldhamer <i>et al.</i> (1990)
Serr	Reus, España	Templado	1992-1993	-	450	-	5.450	130% ET _c	Micro-aspersor	Cohen <i>et al.</i> (1996)
Serr	San Esteban, Chile	Templado	1998-2001	-	578	191	5.783	100% ET _c	Micro-aspersor	Ferreyra <i>et al.</i> (1998)
Chandler	San Joaquín, EE.UU.	Templado	2002-2004	-	1.033	76	8.517	94% ET _c	Micro-aspersor	Lampinen <i>et al.</i> (2001)
Chandler	Tehama, EE.UU.	Templado	2002-2004	-	1.046	76	6.933	79% ET _c	Aspersor	Lampinen <i>et al.</i> (2001)
No informada	Aksu, China	Templado	2009	701	-	65	5.856	100% ET _c	Micro-aspersor	Jin-Hua <i>et al.</i> (2011)

Cuadro 19. Coeficiente de cultivo (Kc) en nogales para cada mes, utilizados durante la(s) temporada(s) en que se realizo el estudio.

Variedad	Localidad/País	Temporada	Coeficientes de cultivo (Kc) según mes del Hemisferio Sur (o adaptado a éste)												Autor
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Chico	San Joaquín, EE.UU.	1987	1,14	1,14	1,03	0,70	0,28	-	-	-	0,12	0,61	0,83	0,97	Goldhamer <i>et al.</i> (1990)
Chandler y Franquette	Patagones, Argentina	2002 -2005	1,07	1,06	0,99	-	-	-	-	-	0,53	0,58	0,91	1,07	Lui <i>et al.</i> (2005)
No informada	Aksu, China	2009	0,53	0,66	-	-	-	-	-	-	-	0,89	0,90	1,26	Jin-Hua <i>et al.</i> (2011)

Cuadro 20. Consumo anual de agua propuesto para nogales en distintas localidades, calculado en base a la evapotranspiración de referencia de la localidad y los Kc adaptados para la especie.

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
San Bernardo, R.M.	ETo (mm)	212,0	166,1	129,0	77,5	45,8	30,8	35,0	51,4	78,4	118,8	156,0	199,6	1300
	Kc	1,11	1,10	1,01	0,70	-	-	-	-	0,33	0,60	0,87	1,02	
	ETc (mm)	235,3	182,7	130,3	54,3	-	-	-	-	25,8	71,3	135,7	203,6	1039
Consumo anual propuesto: 10.390 m³/ha/año.														
Requinoa, VI Región	ETo (mm)	195,9	153,5	119,1	71,6	42,3	28,5	32,3	47,4	72,4	109,8	144,1	184,4	1201
	Kc	1,11	1,10	1,01	0,70	-	-	-	-	0,33	0,60	0,87	1,02	
	ETc (mm)	217,5	168,9	120,3	50,1	-	-	-	-	23,9	65,8	125,4	188,0	959,9
Consumo anual propuesto: 9.599 m³/ha/año.														

Construido a partir de la información de: CNR (1997); Goldhamer *et al.* (1990) y Lui *et al.* (2005).

Uva de mesa (*Vitis vinifera* L.)

La uva de mesa es la especie frutal más importante y de mayor superficie plantada en el país, con 53.869 hectáreas, esta superficie se distribuye entre la III y la VII región (ODEPA, 2013), siendo en la Región Metropolitana la de mayor importancia, con una superficie de 9.338 hectáreas, equivalente aproximadamente al 20% de la superficie destinada a la fruticultura en la Región.

Saayman y Lambrechts, (1995), en el valle del río Hex, Sudáfrica, realizaron un estudio en la variedad Barlinka, donde estimaron el consumo óptimo en 5.202 m³/ha/año; Teixeira *et al.* (1999) en Petronila, Brasil, en la variedad Italia estimaron 5.181 m³/ha/año; Ferreyra *et al.* (2006), en Curimón, Chile, en la variedad Crimson Seedless estimó 9.265 m³/ha/año; Eustice (2008), en el valle del río Hex, Sudáfrica, en la variedad Dauphine 6.431 m³/ha/año; Blanco *et al.* (2010), en Zaragoza, España, en la variedad Autumn Royal 7.490 m³/ha/año. Teixeira *et al.* (2007), en Pernambuco, Brasil; Vázquez (2011) en Sonora, México; El Gendy (2012), en El Cairo, Egipto y El-Khagawa y El-Naggar (2013), en El Qena, Egipto, en la variedad Superior Seedless, estimaron el consumo en 8.505, 8.650, 10.144 y 8.665 m³/ha/año, respectivamente. Finalmente, Araujo *et al.* (1995), en California, EE.UU., Shikhamany *et al.* (2006), en Maharashtra, India, y Behairy *et al.* (2009), en El-Mansoura, Egipto, en Thompson Seedless estimaron consumos de 3.868, 7.010 y 11.220 m³/ha/año (Cuadro 21). Todos los autores trabajaron en los ensayos con el 100% de la ETc.

Lisímetros de drenaje. Netzer *et al.* (2009), en un ensayo en la variedad Superior Seedless, registraron un consumo de agua, mediante el uso de lisímetros de drenaje, durante las temporadas 1999-2005, en Lachish, Israel, promedio de seis temporadas en que se realizó el ensayo, de 12.223 m³/ha/año. Finalmente, Williams *et al.* (2005 y 2010), en California, EE.UU., en la variedad Thompson Seedless plantada en lisímetros de drenaje, obtuvieron consumos de agua de 8.270 y 6.512 m³/ha/año, respectivamente (Cuadro 22).

En el Cuadro 23 se presentan los Kc utilizados en estudios sobre el consumo de agua en uva de mesa, según el mes del año.

La información sobre el consumo de agua en uva de mesa mostró una alta variabilidad, que va desde 3.868 a 11.220 m³/ha/año, por lo que se proponen consumos para tres de las principales localidades productoras de uva de mesa de nuestro país. El coeficiente de cultivo utilizado en cada mes fue el promedio de los valores de calculados en los estudios de Netzer *et al.* (2009) y Behairy *et al.* (2009).

El consumo propuesto para la localidad de Copiapó, III Región es de 12.343 m³/ha/año; para San Felipe, V Región 10.277 m³/ha/año y para Buin, R.M., es de 10.712 m³/ha/año (Cuadro 24).

Cuadro 21. Consumo de agua en uva de mesa, obtenido por diferentes autores durante la(s) temporada(s) en que se realizó el estudio.

Variedad	Localidad/ País	Condición climática	Temporada	ET _o	ET _c	Precip. efectiva	Consumo de agua	Tratamiento	Sistema de riego	Autor
				mm	mm	mm	m ³ /ha/año			
No informada	California, EE.UU.	Áreas desérticas	1965	-	-	-	3.700	100% ET _c	-	Winkler (1965)
		Áreas calurosas					4.317	100% ET _c		
		Áreas cálidas					5.551	100% ET _c		
Barlinka	Valle del río Hex, Sudáfrica	Templado	1982-1992	-	591	89	5.202	100% ET _c	Micro-aspersor	Saayman y Lambrechts (1995)
							4.114	100% ET _c	Goteo	
Italia	Petronila, Brasil	Semiárido	1994	-	503	-	5.181	100% ET _c	Micro-aspersor	Teixeira <i>et al.</i> (1999)
Crimson S.	Curimon, Chile	Templado	2002-2005	-	959	-	9.265	100% ET _c	Goteo	Ferreira <i>et al.</i> (2006)
Dauphine	Valle del río Hex, Sudáfrica	Templado	2005-2007	-	732	-	6.821	100% ET _c	Micro-aspersor	Eustice (2008)
							6.431	100% ET _c	Goteo	
Autumn Royal	Zaragoza, España	Templado	2006-2008	1.456	-	-	7.490	100% ET _c	Goteo	Blanco <i>et al.</i> (2010)
Superior S.	Pernambuco, Brasil	Semiárido	2002 – 2003	-	373	29	8.505	100% ET _c	Micro-aspersor	Teixeira <i>et al.</i> (2007)
Superior S.	Qena, Egipto	Semiárido	2006-2008	-	1.775	4	8.665	100% ET _c	Goteo	El-Khagawa y El-Naggar, (2013)
Superior S.	El Cairo, Egipto	Semiárido	2009-2011	1.706	865	-	8.650	100% ET _c	Goteo	El Gendy (2012)
Superior S.	Sonora, México	Semiárido	2008	-	951	-	10.144	100% ET _c	Goteo	Vázquez (2011)

Thompson S.	California, EE.UU.	Templado	1985-1986	-	-	-	3.868	100% ETc	Goteo	Araujo <i>et al.</i> (1995)
Thompson S.	Maharashtrá, India	Árido	2002-2003	-	-	-	7.010	100% ETc	Goteo	Shikhamany <i>et al.</i> (2006)
Thompson S.	El-Mansoura, Egipto	Semiárido	2005-2006	1.124	827	-	11.220	100% ETc	Goteo	Behairy <i>et al.</i> (2009)

Cuadro 22. Consumo de agua en uva de mesa estimado mediante el uso de lisímetros de drenaje.

Variedad	Localidad/ País	Condición climática	Temporada	ETo	ETc (mm)	Consumo de agua	Autor
Thompson Seedless.	California, EE.UU.	Templado	1990-1993	mm	mm	m ³ /ha/año	Williams <i>et al.</i> (2010)
Thompson Seedless.	California, EE.UU.	Templado	1994-1996	1.124	827	8.270	Williams <i>et al.</i> (2005)
Superior Seedless.	Lachish, Israel	Semiárido	1999-2005	-	1222	12.223	Netzer <i>et al.</i> (2009)

Cuadro 23. Coeficiente de cultivo (Kc) en uva de mesa para cada mes, utilizados durante la(s) temporada(s) en que se realizó el estudio.

Variedad	Localidad/País	Temporada	Coeficientes de cultivo (Kc) según mes del Hemisferio Sur (o adaptado a éste)												Autor	
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
Italia	Petronila, Brasil	1994	0,89	0,98	0,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,78	Teixeira <i>et al.</i> (1999)
Superior S.	Lachish, Israel	1999 - 2005	1,05	1,10	1,13	1,14	0,92	-	-	-	0,30	0,65	0,84	0,96	Netzer <i>et al.</i> (2009)	
Thompson S.	El-Mansoura, Egipto	2005-2006	1,01	0,99	0,95	0,90	-	-	-	-	0,82	0,94	0,94	0,98	Behairy <i>et al.</i> (2009)	
Dauphine	Valle del río Hex, Sudáfrica	2005-2007	0,60	0,55	0,50	0,45	-	-	-	-	-	0,35	0,45	0,55	Eustice (2008)	
Superior S.	Qena, Egipto	2006 - 2008	0,75	0,70	0,55	0,45	0,35	-	-	0,15	0,25	0,45	0,65	0,75	El-Khagawa y El-Naggar (2013)	
Superior S.	El Cairo, Egipto	2009-2011	0,70	0,65	0,55	0,45	0,35	-	0,20	0,20	0,25	0,45	0,60	0,70	El Gendy (2012)	
Superior S.	Sonora, México	2008	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,20	-	0,10	0,60	0,90	0,90	0,80	Vázquez (2011)	

Cuadro 24. Consumo anual de agua propuesto para uva de mesa en distintas localidades, calculado en base a la evapotranspiración de referencia de la localidad y los Kc adaptados para la especie.

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
Copiapó, III Región	ETo (mm)	215,2	177,8	153,5	105,5	73,7	53,9	59,3	82,7	109,9	152,0	180,8	217,5	1582
	Kc	1,04	1,06	1,04	1,02	-	-	-	-	0,56	0,80	0,89	0,97	
	ETc (mm)	223,8	188,4	159,6	107,6	-	-	-	-	61,5	121,6	160,9	210,9	1234,3
Consumo anual propuesto: 12.343 m³/ha/año.														
San Felipe, V Región	ETo (mm)	177,1	146,3	126,3	86,8	60,7	44,4	48,8	68,1	90,5	125,1	148,8	179,0	1302
	Kc	1,04	1,06	1,04	1,02	-	-	-	-	0,56	0,80	0,89	0,97	
	ETc (mm)	184,2	155,7	131,3	88,5	-	-	-	-	50,7	111,3	132,4	173,6	1027,7
Consumo anual propuesto: 10.227 m³/ha/año.														
Buin, R.M.	ETo (mm)	210,1	164,6	127,8	76,8	45,3	30,5	34,6	50,9	77,7	117,7	154,6	197,7	1288
	Kc	1,04	1,06	1,04	1,02	-	-	-	-	0,56	0,80	0,89	0,97	
	ETc (mm)	218,5	174,5	132,9	78,3	-	-	-	-	43,5	94,1	137,6	191,8	1071,2
Consumo anual propuesto: 10.712 m³/ha/año.														

Construido a partir de la información de: CNR (1997), Behairy *et al.* (2009) y Netzer *et al.* (2009).

Consumo de agua en huertos jóvenes

Podestá (2007) realizó un estudio en la variedad de cerezos “Bing”, en Mendoza, Argentina, con el objetivo de racionalizar el uso del agua, controlar el crecimiento vegetativo y estimular la producción precoz en plantaciones de cerezo jóvenes de tres años, determinado un consumo anual de 6.290 m³/ha/año durante la temporada 2005-2006. Por otra parte, en la misma especie, pero en la variedad Z-900, en Canakkale, Turquía, Candogan y Yazgan (2010) registraron un consumo de 4.750 y 5.520 m³/ha/año, durante la primera y segunda temporada en que se desarrolló el estudio, con el 100% de la ETc.

En ciruelo japonés, variedad 606, Melgarejo (2006), obtuvo un consumo promedio de 1.199 m³/ha/año durante las temporadas 2003-2006, en un huerto de 2 años, en Murcia, España. En este estudio el agua destinada al riego era de baja calidad. Para conseguir ahorros en el consumo de agua se basó en el uso de cubiertas plásticas (film de polietileno) en el suelo de cultivo, sobre camellones, para aprovechar las ventajas adicionales que éstos proporcionan para el desarrollo de las plantas. Este trabajo se consideró de suma importancia debido a que a partir de esta información se pudo concluir que el sistema de cobertura plástica del suelo demostró ser una alternativa para reducir drásticamente los consumos de agua de riego en fruticultura, permitiendo utilizar aguas de peor calidad, superando períodos con falta de agua con menores repercusiones negativas para la plantación y obteniendo mayor crecimiento de las plantas, acortándose el periodo improductivo y mayor precocidad de la cosecha.

Por otra parte, Williams *et al.*, (2003), en California, EE.UU., realizaron un estudio en un viñedo de dos años de la variedad Thompson Seedless plantada en lisímetros de drenaje, obteniendo un consumo equivalente a 3.310 m³/ha/año. (Cuadro 25).

Cuadro 25. Consumo de agua en huertos jóvenes (menores de 5 años), obtenido por diferentes autores durante la(s) temporada(s) en que se realizó el estudio.

Especie	Variedad	Localidad/ País	Condición climática	Temporada	ET _o	ET _c	Precip. efectiva	Consumo de agua	Tratamiento	Sistema de riego	Autor
					mm	mm	mm	m ³ /ha/año			
Cerezo	Z-900	Canakkale, Turquía	Templado	2001-2002	-	695	49	6.420	125% ET _c	Micro-aspersor	Candogan y Yazgan (2010)
	Bing*	Mendoza, Argentina	Templado	2005-2006	1.050	963	46	6.290	100% ET _c	Goteo	Podestá (2007)
Ciruelo japonés	606	Murcia, España	Templado	2003-2006	840	-	-	1.199	100% ET _c (cubiertas plást.)	Goteo	Melgarejo (2006)
Uva de mesa	Thompson Seedless**	California, EE.UU	Templado	1987	-	289	-	3.310	-	Surco	Williams <i>et al.</i> (2003)

*Tratamientos de riego durante postcosecha

**Lisímetro de drenaje

Tratamientos de riego durante postcosecha

En cerezos, Podestá (2007) realizó un estudio durante la postcosecha en la variedad Bing, en Mendoza, Argentina, con el objetivo de racionalizar el uso del agua, controlar el crecimiento vegetativo y estimular la producción precoz en plantaciones de cerezo jóvenes, registrando un consumo anual de 5.170 m³/ha/año durante la temporada 2005-2006.

Por otra parte, Marsal *et al.* (2010), también en cerezos de la variedad Summit, en España, realizaron un estudio durante los periodos de postcosecha de los años 2005 y 2006. La aplicación de riego en esta etapa mantuvo los rendimientos y la calidad de la fruta, respecto a temporadas anteriores, el consumo registrado fue de 6.195 m³/ha/año. Por último, Nieto *et al.* (2012), estudiaron las necesidades hídricas del cultivo del cerezo de la variedad Burlat, en el Valle del Jerte, España y como se adaptan a estrategias de riego durante la etapa de postcosecha en el año 2010. Como resultado con el 100% de la ETc, se registró un consumo de 5.000 m³/ha/año, además se controló de forma eficaz el vigor de los árboles, sin que se registraran mayores pérdidas de cosecha.

Por otra parte, Dichio *et al.* (2007), evaluaron los efectos del riego aplicado durante la etapa de postcosecha en duraznero variedad Springcrest, en Italia durante tres años. El riego en esta etapa determinó la reducción en el crecimiento de brotes laterales pero no influyó en el crecimiento de brotes de fructificación. Durante el estudio el consumo registrado fue de 5.921 m³/ha/año, y no se observaron reducciones significativas en la calidad y el rendimiento del frutal.

Goodwin y Bruce (2009) evaluaron el efecto del déficit de riego en postcosecha sobre posteriores desordenes de calidad y rendimiento en duraznos conserveros pavia de la variedad T-204 en un huerto comercial en la zona de Victoria, Australia durante el año 2008. Con 100% de ETc disminuyó el número de flores por ramilla y la duración del periodo de floración fue más prolongada y el consumo registrado fue de 1.730 m³/ha/año. No se observaron diferencias significativas en cuanto a frutos dobles y carozo abierto en ningún tratamiento de riego durante la etapa de postcosecha.

En el Cuadro 26, se presentan los datos de los estudios de tratamientos de riego durante la etapa de postcosecha en cerezos y durazneros.

Cuadro 26. Tratamientos de riego durante la etapa de postcosecha.

Especie	Variedad	Localidad/ País	Clima	Temporada	ETo (mm)	ETc (mm)	Riego previo a los tratamientos (m ³ /ha/año)	Precip. efect. (mm)	Consumo de agua (m ³ /ha/año)	Riego durante postcosecha	Sistema de riego	Autor
	Bing*	Mendoza, Argentina	Templado	2005-2006	1.050	963	1.120	41	5.170	100% ETc	Goteo	Podestá (2007)
Cerezo	Summit	Torrente de Cinca, España	Templado	2005-2006	-	690	-	120	6.195	100%ETc	Goteo	Marsal <i>et al.</i> (2010)
	Burlat	El Torno, España	Templado	2010	-	624	2.100	87	5.000	100% ETc	Goteo	Nieto <i>et al.</i> (2012)
Duraznero	Springcrest	Montescaglioso, Italia	Cálido- árido	1999-2001	-	180	-	-	5.921	100%ETc	Goteo	Dichio <i>et al.</i> (2007)
	T-204	Victoria, Australia	Templado	2007-2008	-	341	-	15	1.730	100% ETc	Microjet	Goodwin y Bruce (2009)

*Huerto joven

Riego deficitario controlado (RDC)

El riego, como todas las técnicas de cultivo, debe optimizar el rendimiento de la explotación frutícola. Desde este punto de vista, surgió la idea del riego deficitario controlado, RDC (Chalmers *et al.*, 1981), el cual se fundamenta en disminuir los aportes de agua en períodos determinados de baja sensibilidad al déficit, cubrir totalmente las necesidades hídricas durante el resto del ciclo fenológico de la especie (Behboudian y Mills, 1997), que en el caso de los frutales de carozo, coincide con la fase III de rápido crecimiento de fruto (Chalmers *et al.*, 1981).

Con esta estrategia de riego no sólo se busca ahorrar agua y costos de producción, disminuyendo las necesidades de poda y raleo, sino también favorecer el crecimiento y la calidad del fruto, incrementando su disponibilidad de carbohidratos y su exposición a la radiación solar (Intrigliolo y Castel 2005).

El duraznero ha sido utilizado en numerosos ensayos de RDC como planta modelo, debido, posiblemente, al hecho de poseer dos características que resultan ser fundamentales en la aplicación de estas estrategias de riego (Abrisqueta, 2010), como son la clara diferenciación de las tres etapas de crecimiento del fruto (Figura 2), sobretodo en variedades tardías (Connors, 1919), y una notoria separación de los procesos de crecimiento vegetativo y del fruto, precediendo en el tiempo la fase de rápido crecimiento de las ramas a la del fruto (Chalmers *et al.*, 1981).

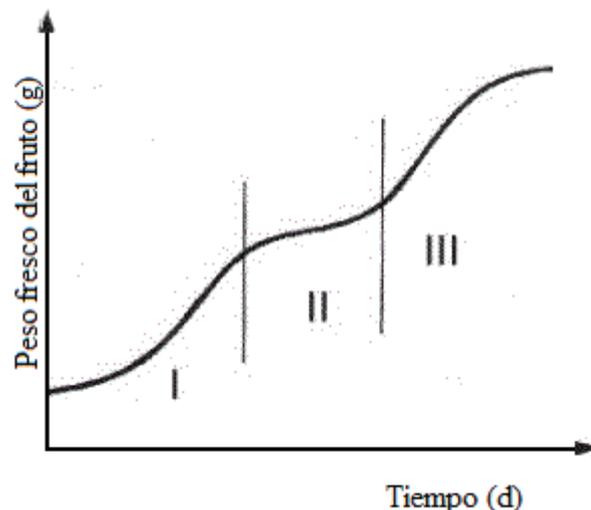


Figura 2. Crecimiento del durazno en peso fresco e identificación de las tres etapas de desarrollo del fruto.

Girona *et al.* (2003) realizaron un estudio en duraznero variedad Sudanell, aplicando RDC en la etapa II de crecimiento, lo que controló el crecimiento vegetativo, aumentando la densidad de floración y la producción de fruta, pero obteniendo un menor tamaño de fruta. Sin embargo; Girona *et al.* (2005), en duraznero “Andross” el crecimiento vegetativo de los árboles se redujo significativamente pero la producción de fruta no se vio afectada hasta el cuarto año, cuando el cuajado disminuyó ligeramente con el riego deficitario.

Por último, Abrisqueta *et al.* (2010) aplicaron 100% de ETc sólo durante la etapa III de crecimiento y en el resto de la temporada aplicaron el 25% de ETc. No se observaron diferencias significativas en cuanto a tamaño de tronco, ni en producción de fruta. Cabe mencionar que los árboles fueron sometidos a condiciones de déficit hídrico (continuas y reguladas) desde el momento de la plantación en 2002; por lo tanto, el crecimiento vegetativo era claramente limitado por el déficit de agua acumulada, resultando en árboles más pequeños que en los árboles de control. Además, este tratamiento resultó ser muy eficiente en el uso del agua de riego, al obtener ahorros aproximados de 60% en dos temporadas sucesivas.

El nogal presenta una curva de crecimiento similar a la de los frutos de carozo, con la diferencia que el fruto no aumenta de tamaño en la etapa III de crecimiento, pero sí aumenta de peso como consecuencia del desarrollo de la nuez. Ferreyra *et al.* (1998), en San Esteban, Chile estudiaron los efectos del RDC en un huerto de la variedad Serr; el tratamiento aplicado fue reponer el 100% de ETc desde brotación hasta el fin de la etapa II y 70% de la ETc durante la etapa III. Se registró un consumo de 4.901 m³/ha/año, obteniéndose ahorros de agua de riego de hasta 16%, sin afectar los rendimientos, pero se observó una tendencia a disminuir la calidad de los frutos en cuanto a color.

En el Cuadro 27, se presentan los datos de los estudios de riego deficitario controlado (RDC).

Cuadro 27. Tratamientos de riego deficitario controlado (RDC).

Especie	Variedad	Localidad/ País	Condición climática	Temporada	ET _o	ET _c	Precip. efectiva	Consumo de agua	Riego Deficitario Controlado	Sistema de riego	Autor
					mm	mm	mm	m ³ /ha/año			
	Sudanell	Lleida, España	Templado	1994-1996	831	-	-	5.700	50% de ET _c en etapa II	Goteo	Girona <i>et al.</i> (2003)
Duraznero	Andross	Lleida, España	Templado	1998-2000	826	747	-	4.970	35% de ET _c en etapa II	Goteo	Girona <i>et al.</i> (2005)
	Flordastar	Murcia, España	Templado	2006-2008	-	737	-	2.910	100% de ET _c en etapa III, 25% de ET _c en el resto de la temporada	Goteo	Abrisqueta <i>et al.</i> (2010)
Nogal	Serr	San Esteban, Chile	Templado	1998-2001	-	578	191	4.901	100% de ET _c desde brot. hasta el fin de la etapa II; 70% de ET _c durante la etapa III	Micro- aspersor	Ferreira <i>et al.</i> (1998)

CONCLUSIONES

Las diferencias observadas en la literatura citada varían entre el 75-140% de la ETc.

Estas diferencias son mínimas entre especies y debidas al desarrollo específico del follaje de cada huerto.

El consumo anual, a modo de referencia, para la zona central de Chile (clima templado) estimado para distintas especies es:

Cerezo: 8.168 m³/ha/año.

Ciruelo japonés: 6.639 m³/ha/año.

Duraznero: 8.026 m³/ha/año.

Kiwi: 8.655 m³/ha/año.

Manzano: 8.270 m³/ha/año.

Nogal: 10.390 m³/ha/año.

Uva de mesa: 10.712 m³/ha/año.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrisqueta, I. 2010. Balance hídrico y respuesta del melocotonero extratemprana al riego deficitario. Tesis Doctoral. Murcia, España: Facultad de Química Departamento de Química Agrícola Geología y Edafología. Universidad de Murcia. 244 p.
- Abrisqueta, I., L. M. Tapia, W. Conejero, M. I. Sanchez-Toribio, J. M. Abrisqueta J. Vera and M. C. Ruiz-Sanchez. 2010. Response of early-peach (*Prunus persica* L.) trees to deficit irrigation. Spanish Journal of Agricultural Research. 8:30-39.
- Allen, R., M. Smith, A. Perrier, and L. S. Pereira. 1994 . An update for the definition of reference evapotranspiration. ICID Bulletin. 43:1-34.
- Allen, R., L. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO, Irrigation and Drainage paper 56. Roma, Italia. 300p.
- Al-Yahyai, R. 2006. Tree water potential for irrigation management of fruit crops. (pp. 238-250). En: International conference on economic incentives and water demand management. Muscat, Sultanate of Oman. (March 18-22, 2006). Muscat, Sultanate of Oman.
- Araujo, F., L. E., Williams, and M. A. Matthews. 1995. A comparative study of young 'Thompson Seedless' grapevines (*Vitis vinifera* L.) under drip and furrow irrigation. II. Growth, water use efficiency and nitrogen partitioning. Scientia Horticulturae. 60:251-265.
- Ayars, J.E., R. A., Schoneman, F. Dale, R. Meso, and P. Shouse. 2001. Managing subsurface drip irrigation in the presence of shallow ground water. Agricultural Water Management. 47: 243-264.
- Ayars, J.E., R.S. Johnson, C.J. Phene, T.J. Trout, D.A. Clark, and R.M. Mead. 2003. Water use by drip-irrigated late-season peaches. Irrigation Science. 22:187-194.
- Battilani, A. 2003. Regulated deficit of irrigation (RDI) effects on growth and yield of Plum tree. (pp 55-62). En: IV International symposium on irrigation of horticultural crops. Davis, California, EE.UU. (September 1, 2003). Davis, California, EEUU. 681 p.
- Behairy, Z. H., M. M., Hegazi, M. N., Tourky, and M. M., Kassem. 2009. Some new methods for saving irrigation water for grapevines. (pp. 1-149). En: 60th International executive council meeting and 5th Asian regional conference. New Delhi, India. (December, 6-11, 2009). New Delhi, India. 575 p.

- Behboudian, M. H., G. S. Lawes, and K. M. Griffiths. 1994. The influence of water deficit on water relations, photosynthesis and fruit growth in Asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.). *Scientia Horticulturae*. 60: 89-99.
- Behboudian, M. H., and T. M. Mills. 1997. Deficit irrigation in deciduous orchards. *Horticultural Reviews*. 21: 105-131.
- Blanco, O., J.M. Faci, and J. Negueroles. 2010. Response of table grape cultivar 'Autumn Royal' to regulated deficit irrigation applied in post-veraison period. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 8:76-85.
- Candogan, B. N., and S. Yazgan. 2010. The effects of different irrigation levels on vegetative growth of young dwarf cherry trees in a sub-humid climate. *Pakistan Journal of Botany*. 42: 3399-3408.
- Carreño S. 2007. Determinación del consumo de agua en manzanos cvs. Galaxy, Fuji Raku-Raku, Granny Smith y Super Chief, en un lisímetro de drenaje. Memoria Ingeniero Agrónomo. Talca, Chile: Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. Universidad de Talca. 35 p.
- Chalmers, D. J., P. D. Mitchell, and L. Van Heek. 1981. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 106: 307-312.
- Chandel, J. S., R. K. Rana, and A.S. Rehalia. 2003. Comparative performance of drip and surface methods of irrigation in kiwifruit (*Actinidia deliciosa* Chev.) cv. Allison. (pp 205-211). En: VII International symposium on temperate zone fruits in the tropics and subtropics. Florianopolis, (Brasil. October 21, 2007). Florianopolis, Brasil. 480 p.
- Cohen, M., C. Valancogne, S. Dayau, T. Ameglio, P. Cruiziat, and P. Archer. 1996. Yield and physiological responses of walnut trees in semi-arid conditions: application to irrigation scheduling. (pp. 273-280) En: II International symposium on irrigation of horticultural crops. Chania, Greece. (September 9-13, 1996). Chania, Greece. 745 p.
- COMISION NACIONAL DE RIEGO (CNR). 1997. Cálculo y cartografía de la evapotranspiracion potencial en Chile. Informe final. Disponible en: http://bibliotecadigital.ciren.cl/gsdlexterna/collect/estudios/index/assoc/HASH01a7/d06c2417.dir/CNR-0029_1.pdf. leído el 12 de septiembre de 2013.
- Connors, C. H. 1919. Growth of fruits of peach. New Jersey Agricultural Experience Station Annual Report. 40: 82-88.
- Dehghanisani, H., A. Naseri, H. Anyoji, and A.E. Eneji. 2007. Effects of deficit irrigation and fertilizer use on vegetative growth of drip irrigated cherry trees. *Journal of Plant Nutrition*. 30:411-425.

- Demirtas, C., H. Buyukcangaz, S. Yazgan, and B.N. Candogan. 2007. Evaluation of evapotranspiration estimation methods for sweet cherry trees (*Prunus avium* L.) in sub-humid climate. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10:462-469.
- Dichio, B., C. Xiloyannis, A. Sofo, and G. Montanaro. 2007. Effects of post-harvest regulated deficit irrigation on carbohydrate and nitrogen partitioning, yield quality and vegetative growth of peach trees. *Plant and Soil*. 290:127-137.
- Doorembos, J., and W. O. Pruitt. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. FAO. Serie Riego y Drenaje. Tomo 24. Roma. 177p.
- El Gendy, R. S. 2012. Water requirements of grafted grape vines under desert land conditions. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*. 4:345-364.
- El-Khawaga, A.S., and A.M.A. El-Naggar. 2013. Promoting irrigation water utilization efficiency in Superior vineyards. *Asian Journal of Crop Science*. 5:125-138.
- Eustice, T. 2008. Efficiency of irrigation practices for table grapes in the Hex River Valley. Tesis Master of Science (Agriculture). Stellenbosch, Sudáfrica: Departament of soils science, University of Stellenbosch. 167p.
- Fallahi, E., D. Neilsen, G.H. Neilsen, B. Fallahi, and B. Shafii. 2010. Efficient irrigation for optimum fruit quality and yield in apples. *HortScience*. 45:1616-1625.
- Fares A. and A.K. Alva. 2000. Soil water components based on capacitance probes in sandy soil. *Soil Science Society American Journal*. 64: 311-318.
- FEDERACION DE PRODUCTORES DE FRUTA DE CHILE (FEDEFRUTA). 2010. Visión industria frutícola chilena. Disponible en: <http://www.orbitalseguros.cl/pdf/fedefruta.pdf>. Leído el 25 de septiembre de 2013.
- Fereres, E., W. O. Pruitt, J. A. Beutel, D. W. Henderson, E. Holzapel, H. Schulbach, and K. Uriu. 1981. Evapotranspiration and drip irrigation scheduling. (pp. 8-13) In: Fereres, E (ed.). *Drip irrigation management*. University of California, Division of Agriculture Sciences, Davis, California, EE.UU.
- Fernández, R., R. Ávila, M. López, P. Gavilán y N. Oyonarte. 1999. Manual de riego para agricultores. Fundamentos del riego. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Andalucía, España. 102p.
- Ferreyra, R., G. Sellés, e I. Sellés. 1998. Riego deficitario controlado en nogales. (Bol. Div. N° 58). Centro Regional de Investigación la Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 36p.
- Ferreyra, R. 2000. Riego en cerezo, requerimientos hídricos, sistema de riego y control de heladas. (pp. 143-167). En: Arribillaga, D. (Ed). 1° Simposio internacional del

cultivo del cerezo en la Patagonia Occidental, Coyhaique, CRI Tamel Aike. Coyhaique, Chile. (Octubre 3-5, 2000). Coyhaique, Chile. 186 p.

Ferreira, R. y G. Sellés. 2005. Manejo del riego localizado y fertirrigación. (Bol. Div. N° 126). Centro Regional de Investigación la Cruz. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. La Cruz, Chile. 55p.

Ferreira, R., G. Sellés, G. H. Silva, R. Ahumada, I. Muñoz, y V. Muñoz. 2006. Efecto del agua aplicada en las relaciones hídricas y productividad de la vid 'Crimson Seedless'. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 41:1109-1118.

Fuentes, J. 1996. Técnicas de riego. 2da Edición. Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 471p.

García M. 2011. Eficiencia del riego. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/EFICIENCIA.pdf>. Leído el 23 de octubre de 2013.

Girona, J., M. Mata, A. Arbonès, S. Alegre, J. Rufat, and J. Marsal. 2003. Peach tree response to single and combined regulated deficit irrigation regimes under shallow soils. Journal of the American Society for Horticultural Science. 128:432-440.

Girona, J., M. Gelly, M. Mata, A. Arbonés, J. Rufat, and J. Marsal. 2005. Peach tree response to single and combined deficit irrigation regimes in deep soils. Agricultural Water Management. 72:97-108.

Girona, J., M.H. Behboudian, M. Mata, J. Del Campo, J. Marsal. 2010. Exploring six reduced irrigation options under water shortage for 'golden smoothie' apple: responses of yield components over three years. Agricultural Water Management. 98:370-375.

Goldhamer, D. A., R. Beede, S. Sibbett, T. M. DeJong, D. Ramos, C.J. Phene, and J. Doyle. 1990. Second-year effects of deficit irrigation on walnut tree performance, Walnut research reports 1987. Walnut Marketing Board. 11: 59-70.

Goodwin, I., and R. Bruce, R. 2009. Post-harvest deficit irrigation decreases subsequent fruit number in 'T204' peach. (pp. 205-212). En: VI International symposium on irrigation of horticultural crops. Viña del Mar, Chile. (Noviembre 2-6, 2009). Viña del Mar, Chile. 624 p.

Gratacós, E. 2009. El cultivo del duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch.). Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Quillota, Chile. 108p.

Hillel, D. 1998. Environmental soil physics. Acad. Press, New York, EE.UU. 236 p.

Holzappel, E., R. Merino, M. Mariño, and R. Matta. 2000. Water production functions in kiwi. Irrigation Science. 19:73-79.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). 2013. En Nebraska investigadores aprenden sobre equipos Eddy Covarianza para desarrollar nuevos proyectos. Disponible en: <http://www.inia.cl/blog/2013/09/27/investigadores-aprenden-sobre-equipos-eddy-covarianza-para-desarrollar-nuevos-proyectos-en-el-inia-la-cruz/>. Leído el 23 de octubre de 2013.

Intrigliolo, D.S., and J.R. Castel. 2005. Effects of regulated deficit irrigation on growth and yield of young japanese plum trees. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 80:177-182.

Jing-Hua, Z., H. Ming, M. Ying-Jie, and W. Chang-Xin. 2011. Research on rule of mature walnut water consumption under Tarim basin. (pp 3060-30629. En: *Water Resource and Environmental Protection (ISWREP)*, 2011 International symposium on IEEE. Xi'an, China. (May 20-22, 2011). Xi'an, China. 3230 p.

Kozłowski, T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph*. 1:1-29.

Lampinen, B., R. Buchner, A. Fulton, J. Grant, N. Mills, T. Prichard, L. *et al.*,. 2001. Irrigation management in walnut using evapotranspiration, soil and plant based data. *Walnut Research Reports 2001*. Walnut Marketing Board, Sacramento, EE.UU. 22p.

Leib, B., H. Caspari, C. Redulla, P. Andrews, and J. Jabro. 2006. Partial rootzone drying and deficit irrigation of 'Fuji' apples in a semi-arid climate. *Irrigation Science* 24:85-99.

Lui, E., R. A. Bouhier, S. Gallo, R. Martínez, C. Merg, y A. Fraile. 2005. Riego por goteo del nogal (*Juglans regia* L.) en la barda de Patagones. *Pilquen-Sección Agronomía*. 7:1-10.

Mannini P. and R. Genovesi. 2004. Applicazioni pratiche sulle specie agrarie. *Coltivare risparmiando acqua*. *Il Divulgatore*. 7:55-61.

Marsal, J., G. López, J. Del Campo, M. Mata, A. Arbones, and J. Girona. 2010. Postharvest regulated deficit irrigation in 'Summit' sweet cherry: fruit yield and quality in the following season. *Irrigation Science*. 28:181-189.

Melgarejo, P. 2006. Nuevas tecnologías para el ahorro de agua en el cultivo de frutales en la zona semiárida mediterránea. pp. 99-112. En: *La Agricultura y Ganadería extremeñas, Informe 2006*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura. Extremadura, España. 307 p.

Montanaro, G., B. Dichio, and C. Xiloyannis. 2007. Response of photosynthetic machinery of field-grown kiwifruit under Mediterranean conditions during drought and rewatering. *Photosynthetica*. 45: 533-540.

- Mounzer, O.H., J. Vera, L.M. Tapia, Y. García-Orellana, W. Conejero, I. Abrisqueta, M. C. Ruiz-Sánchez, and J.M. Abrisqueta-García. 2008. Irrigation scheduling of peach trees (*Prunus persica* L.) by continuous measurements of soil water status. *Agrociencia*. 42: 857-868.
- Naor, A., I. Klein, H. Hupert, Y. Grinblat, M. Peres, and A. Kaufman. 1999. Water stress and crop level interactions in relation to nectarine yield, fruit size distribution, and water potentials. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 124:189-193.
- Netzer, Y., C. Yao, M. Shenker, B.A. Bravdo, and A. Schwartz. 2009. Water use and the development of seasonal crop coefficients for Superior Seedless grapevines trained to an open-gable trellis system. *Irrigation Science*. 27:109-120.
- Neilsen, G. H., Neilsen, D., Kappel, F., and Toivonen, P. (2001, June). Nutrient and water management of high density sweet cherry. (pp 337-344). En: IV International Cherry Symposium. Oregon, EE.UU. (February, 1, 2005). Oregon, EE.UU. 544 p.
- Nieto, E., M. Prieto, R. Fortes, y C. Torres. 2012. Estrategias de riego deficitario controlado en postcosecha en el cultivo del cerezo en el Valle del Jerte. *Horticultura Global*. 304:64-68.
- OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICAS AGRARIAS (ODEPA). 2013. Estadísticas de frutales: Superficie plantada y producción estimada (país). Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/articulos/MostrarDetalle.action;jsessionid=EC54AA9A3D9F3E21B24795E860084E4F?idcla=12&idn=1737>. Leído el 25 de septiembre de 2013.
- Orgaz, F. y E. Fereres. 2004. El cultivo del olivo. Riego. pp. (321-346). 5ª edición. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España. 800 p.
- Orozco, A. 2010. Uso eficiente del agua de riego mediante sondas de capacitancia. *Revista del Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe*. 2:56-66.
- Orrego, X. 2007. Manejo de agua en frutales. Fundación para la Innovación Agraria (FIA)- Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 52 p.
- Penman, H. L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London*. 193: 120-146.
- Podestá, L. 2007. Influencia de restricciones hídricas poscosecha en el crecimiento vegetativo y reproductivo en plantaciones jóvenes de cerezo (*Prunus avium* L.). Tesis Magíster en Riego y Drenaje. Cuyo, Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. 112 p.

Podestá, L., J. Girona, y G. Reginato. 2011. Riego. pp.121-133. En: Ojer, M (ed). Producción de duraznos para industria. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. 229p.

Portal frutícola, 2013. Kiwi: Una industria de categoría mundial. Disponible en: http://www.portalfruticola.com/wp-content/uploads/2013/04/kiwi_chile_e.pdf. Leído el 6 de noviembre de 2013.

Puppo, L., y M. García. 2010. Determinación del consumo de agua del duraznero por lisimetría. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande. 14:25-31.

Ruiz-Sánchez, M. C., y J. Girona. 1995. Investigaciones sobre riego deficitario controlado en melocotonero. pp.67-95 . En: Riego deficitario controlado, fundamentos y aplicaciones. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 188p.

Saayman, D., and J.J.N. Lambrechts. 1995. The effect of irrigation system and crop load on the vigour of Barlinka table grapes on a sandy soil, Hex River Valley. South African Journal for Enology and Viticulture. 16:26-34.

Salinas, L. 2009. Manejo del agua en manzano (*Malus domestica* Borkh.) “Royal Gala”: Estudio de caso. Memoria Ingeniero Agrónomo. Chillán, Chile: Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. 38 p.

Santos, L., J. de Juan, M. Picornell and J. Tarjuelo. 2010. El riego y sus tecnologías. Centro de Engenharia dos Biosistemas (CEER), Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal. 292p.

SERVICIO DE PROGRAMACIÓN Y OPTIMIZACIÓN EL USO DEL AGUA DE RIEGO (SEPOR). 2010. Boletín informativo. Coeficiente de cultivo (Kc). Disponible en: http://www.sepor.cl/informacion_boletines/S106_Boletin_Coeficiente_de_cultivo.pdf. Leído el 13 de septiembre de 2013.

Shikhamany, S. D., R. K., Singh, R. K, and A.K., Upadhyay. 2006. Irrigation scheduling for improving water use efficiency in drip irrigated Thompson Seedless grape grown on Dog Ridge rootstock. (pp. 393-398). En: International symposium on grape production and processing. Maharashtra, India. (May, 13, 2008). Maharashtra, India. 526 p.

Teixeira, A.D.C., P.V. de Azevedo, B.B. da Silva, and J.M. Soares. 1999. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, PE. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 3:413-416.

Teixeira, A.D.C., W.G.M. Bastiaanssen, and L.H. Bassoi. 2007. Crop water parameters of irrigated wine and table grapes to support water productivity analysis in the Sao Francisco river basin, Brazil. Agricultural Water Management. 94:31-42.

Torrecillas, A., R. Domingo, R. Galego, and M. C. Ruiz-Sánchez. 2000. Apricot tree response to irrigation withholding at different phenological periods. *Scientia Horticulturae*. 85:201-205.

Tuñón. J. 2000. Determinación experimental del balance hídrico del suelo y evaluación de la contaminación asociada a las prácticas agrícolas. Tesis Doctoral. Castellón, España: Departamento de Ciencias Experimentales, Universitat Jaume I. 377p.

Vázquez, N. 2011. Asociación agrícola local de productores de uva de mesa, modelo de la agricultura moderna en México en el siglo XXI. IICA. Sonora, México. 92p.

Williams, L. E., C. J. Phene, D. W. Grimes, and T. J. Trout. 2003. Water use of young Thompson Seedless grapevines in California. *Irrigation Science*. 22:1-9.

Williams, L. E., and J. E. Ayars. 2005. Water use of Thompson Seedless grapevines as affected by the application of gibberellic acid (GA₃) and trunk girdling—practices to increase berry size. *Agricultural and Forest Meteorology*. 129:85-94.

Williams, L. E., D.W. Grimes, and C.J. Phene. 2010. The effects of applied water at various fractions of measured evapotranspiration on water relations and vegetative growth of Thompson Seedless grapevines. *Irrigation Science*. 28:221-232.

Winkler, A.J., J.A. Cook, W.M. Kliewer and L.A. Lider. 1974. *General viticulture*. 2nd ed. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, EE. UU. 710p.

Xiloyannis, C., P. Angelini, and A. Galliano. 1987. Drip irrigation of kiwifruit trees. (pp. 217-226). En: I International symposium on kiwifruit. Padova, Italy. (December, 1, 1990). Padova, Italia. 439 p.

Zegbe, J., y A. Serna. 2009. El riego parcial de la raíz incrementa la productividad del agua en manzano en un ambiente semiárido. *Revista Chapingo*. 15: 111-118.