



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - INIA
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA - FIA

BOLETÍN INIA N° 60

ISSN 0717-4829

ESTRATEGIAS DE RIEGO PARA ENFRENTAR SITUACIONES
DE ESCASEZ DE AGUA EN FRUTALES

"RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN UVA DE MESA"

RAÚL FERREYRA E.
GABRIEL SELLÉS VAN S.
IVÁN SELLÉS M.



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - INIA
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA - FIA

“RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN UVA DE MESA”.

ESTRATEGIAS DE RIEGO PARA ENFRENTAR SITUACIONES DE ESCASEZ DE AGUA EN FRUTALES.

RAÚL FERREYRA E.
Centro Regional de Investigación V Región
GABRIEL SELLÉS VAN S.
IVÁN SELLÉS M.
Centro Regional de Investigación La Platina

Santiago, Chile, 2001

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Autores:

Raúl Ferreyra E. (M.Sc.)

Centro Regional de Investigación V Región

Gabriel Sellés Van S. (Ph.D.)

Iván Sellés M.

Centro Regional de Investigación La Platina

Especialistas en Riego y Drenaje

Boletín INIA N° 60

Este boletín fue editado por el Centro Regional de Investigación La Platina,
Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura.

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y el autor.

Cita bibliográfica correcta:

Ferreyra E., Raúl; Sellés V., Gabriel y Sellés M., Iván. 2001. "Riego Deficitario Controlado en Uva de Mesa". Estrategias de Riego para Enfrentar Situaciones de Escasez de Agua en Frutales. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 60. 44 p.

Diseño: Jorge Berríos V.

Diagramación: Luis Puebla L.

Impresión: Impresos CGS Ltda. - Telefonofax: 5432212

Cantidad de ejemplares: 500.-

Santiago, 2001

TABLA DE CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	5
FENOLOGÍA DE LA VID	6
Crecimiento vegetativo	6
Desarrollo reproductivo	8
REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LA VID	10
EFFECTOS DEL DÉFICIT HÍDRICO EN DISTINTAS	
ETAPAS DEL DESARROLLO	18
Brotación a floración	18
Floración a pinta	19
Pinta a cosecha	19
Postcosecha	21
Receso invernal	21
DÉFICIT HÍDRICO Y DESÓRDENES FISIOLÓGICOS	24
DÉFICIT HÍDRICOS CONTROLADOS EN VID DE MESA	25
Experiencias realizadas en los valles de Coachella	
y San Joaquín en California, EE.UU.	25
Experiencias realizadas en el valle de Aconcagua, Chile	27
Estado hídrico de las plantas	29
Crecimiento vegetativo	32
Crecimiento de tronco	32
Crecimiento de brotes	32
Crecimiento de frutos	35
Producción	41
CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	42

INTRODUCCIÓN

La uva de mesa es la principal especie frutal en Chile, con una superficie de aproximadamente 45.000 ha, distribuida principalmente entre la III y la VII Región del país.

El área destinada a Uva de mesa equivale al 24% de la superficie total destinada a la explotación de frutícola, colocando a Chile entre los principales productores del hemisferio sur. Dentro de sus variedades destaca Thompson Seedles (Sultanina), por ser la más importante en términos de volumen de producción y exportación, debido principalmente a su alta demanda y precios que alcanza en el mercado exterior.

La mayor parte del área de producción de la uva de mesa se encuentra en clima semiárido, donde es indispensable utilizar el riego. En estas zonas es habitual que se presenten condiciones de sequía en forma de ciclos interanuales, de duración e intensidad variables. Durante los años secos ha sido necesario restringir la disponibilidad de agua de riego, lo que se traduce en un problema económico para los agricultores.

Para hacer frente a esta situación, además del aumento en la eficiencia del uso de agua de riego que significa implementar sistemas de riego localizado, han surgido en los últimos años estrategias de asignación de agua de riego en condiciones de sequía, adaptando el plan de riego a los requerimientos hídricos específicos de cada etapa fenológica, según especie y variedad. Esta estrategia se conoce como “Riego Deficitario Controlado (RDC)” y consiste en regar en forma diferenciada, en los momentos en que realmente se necesita aumentar la disponibilidad de agua para el cultivo, los que se conocen como “períodos críticos” y que están asociados a etapas fenológicas específicas.

Para utilizar estrategias de riego deficitario controlado (RDC), entonces, es necesario conocer con precisión los requerimientos hídricos y la fenología del cultivo.

FENOLOGÍA DE LA VID

Crecimiento vegetativo

El crecimiento vegetativo de la vid, como el de todas las plantas caducifolias, se caracteriza por la renovación anual de toda el área foliar. Su desarrollo se inicia con la brotación de las yemas formadas durante el ciclo de crecimiento anterior, dando origen a brotes que contienen yemas vegetativas, reproductivas y sarmientos. El desarrollo de la superficie foliar es bastante rápida. Suckel (2001), trabajando en la variedad Thompson Seedless, determinó que al momento de la cuaja, el área foliar es el 60% de la máxima área foliar. Yakasovic (1994), trabajando con la variedad Thompson Seedless en la Provincia de Los Andes, observó que desde la brotación hasta la detención del crecimiento de brotes transcurrieron 130 días, alcanzando el brote el 75% de su tamaño final a los 90 días. Soffia (1994), también en el valle de Aconcagua, observó que el período comprendido entre brotación y detención del crecimiento vegetativo fue de 115 y 75 días en la variedad Sugraone para lograr el 75% del tamaño final, mientras que en la variedad Ribier estos períodos se redujeron a 70 y 55 días respectivamente.

Por otra parte, la duración total del período vegetativo varía notablemente entre variedades. Según Yakasovic (1994), en el valle de Aconcagua el período comprendido entre “punta verde” (que marca el inicio de la brotación), y la cosecha, es de aproximadamente 150 días para la variedad Thompson Seedless. Soffia (1994) en la misma localidad, reporta un período de 160 días para la variedad Ribier y de 110 días para Sugraone. En los cuadros 1 y 2 y Figura 1 se presenta la ocurrencia de los estados fenológicos de la vid.

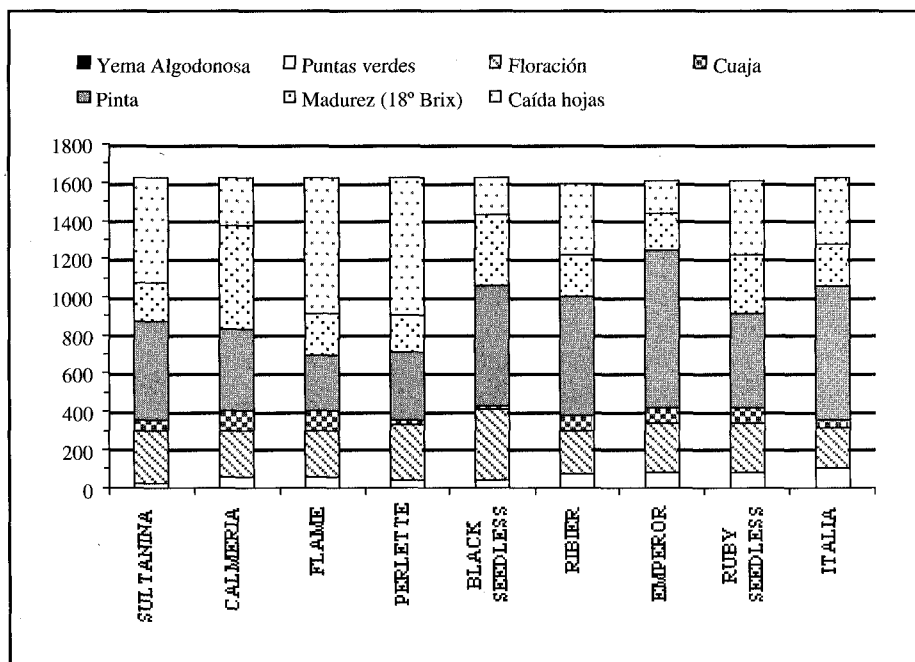
Cuadro 1. Ocurrencia de los estados fenológicos en Vicuña (IV Región) y Santiago (Región Metropolitana) respecto a fecha calendario

Cultivar	Yema algodo- nosa	Floración	Cuaja	Pinta	Madurez 18° Brix	Caída hojas
Thompson Seedless, Vicuña (sin cianamida)	24 ago	18 oct	26 oct	20 dic	20 ene	10 may
Thompson Seedless, Vicuña (con cianamida)	7 ago	7 oct	16 oct	15 dic	10 ene	30 abr
Thompson Seedless, R.M.	8 sep	19 nov	25 dic	17 ene	8 feb	24 may
Black Seedless, Vicuña (sin cianamida)	20 ago	25 oct	2 nov	28 dic	25 ene	25 abr
Black Seedless, R.M.	18 ago	30 nov	2 dic	6 feb	25 abr	9 may
Perlette, Vicuña (sin cianamida)	10 ago	8 oct	15 oct	30 nov	19 dic	20 abr
Perlette, Vicuña (con cianamida)	17 jul	22 sep	2 oct	15 nov	9 dic	10 may
Perlette, R.M.	18 ago	23 nov	25 nov	2 ene	21 ene	24 may
Flame Seedless, Vicuña (sin cianamida)	24 ago	24 oct	3 nov	20 dic	8 ene	10 may
Flame Seedless, Vicuña (con cianamida)	24 jul	8 oct	16 oct	12 dic	29 dic	30 may
Flame Seedless, R.M.	18 ago	19 nov	28 nov	31 dic	23 ene	24 may
Italia Pirovano, Vicuña (sin cianamida)	4 sep	20 oct	2 nov	4 ene	4 feb	30 abr
Italia Pirovano, R.M.	18 ago	21 nov	23 nov	16 feb	2 mar	14 may

Cianamida aplicada 49 días antes de brotación estimada.

Fuente: Villaseca *et al.*, 1986; Ibacache y Jopia, datos no publicados.

Cuadro 2. Ocurrencia de los estados fenológicos en Vicuña (IV Región) y Santiago (Metropolitana) respecto a suma de temperatura base 10 °C.



Fuente: Villaseca *et al.*, 1986.

Desarrollo reproductivo

El desarrollo de los órganos reproductivos de la vid comienza en la temporada en que se forma la yema lateral. El primer proceso que ocurre es la inducción floral, la que puede o no ser favorecida por factores ambientales, como asoleamiento del brote, y factores fisiológicos, como la distancia de la yema a la base del brote y la posición del brote.

La inducción e iniciación florales son bastante tempranas. Sandoval (1987) encontró en la variedad Thompson Seedless que la inducción floral ocurre cuando la yema se encuentra en una posición nodal tres respecto al ápice, y la iniciación del anlage ocurre cuando la yema está en la posición cuatro

a siete. Una vez inducida e iniciada la yema floral, esta se desarrolla en forma continua hasta el receso invernal, donde requiere de una cantidad de frío acumulada y una temperatura mínima para salir del estado de latencia.

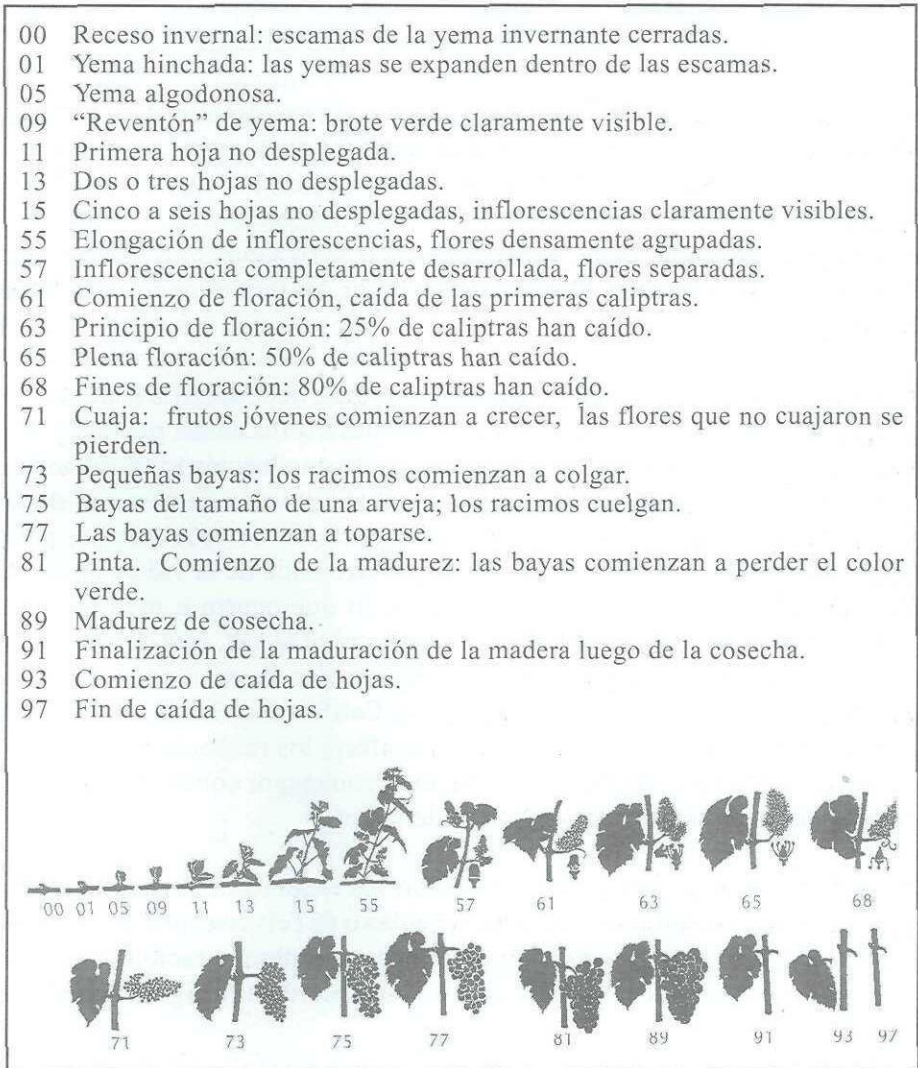


Figura 1. Estados fenológicos de la vid desde yema invernante a caída de hojas.

Fuente: Eichhorn y Lorenz, 1977; Lorenz *et al.*, 1994 (reimpreso autorizado por el Dr. D. Lorenz).

Iniciada la brotación, el desarrollo de los órganos florales y vegetativo se produce en forma simultánea.

REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LA VID

En Chile, la uva de mesa se planta en zonas con un régimen de precipitaciones invernales y características semiáridas. La evapotranspiración supera a las precipitaciones en un período que va desde los 12 meses en la III Región (Copiapó) hasta los 4 meses en la VI Región (Novoa y Villaseca, 1989). Los requerimientos hídricos máximos varían entre los 7,2 mm/día en el sector de Amolanas, IV Región hasta los 4,8 mm/día en Casablanca (Cuadro 5).

Los requerimientos de riego en un momento dado dependen de la demanda evaporativa de la atmósfera; del estado de desarrollo de las plantas y del porcentaje de cobertura del suelo (sistema de conducción). La demanda evaporativa o evapotranspiración potencial (ET_0) varía en el curso de la temporada, siendo baja al comienzo de la estación de crecimiento, para aumentar a mediados del verano. La mayor demanda de la vid se produce cuando tiene el máximo follaje (canopia), lo que ocurre a mediados de verano. Respecto al porcentaje de suelo que cubre la vid, este depende del tipo de conducción (los parronales español pueden llegar a una cobertura del 90 a 100% mientras que las espalderas Californiana nunca exceden el 50%) y de la distancia entre planta, lo que afecta los requerimientos hídricos del cultivo. Los sistemas de conducción con mayor cobertura de suelo, aumentan los requerimientos hídricos de la vid.

La información necesaria para determinar los requerimientos hídricos de la vid o evapotranspiración máxima del cultivo (ET_c), con fines de programación de riego o diseño de equipos, son la evapotranspiración potencial (ET_0) y los coeficientes de cultivos (K_c), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$ET_c = ET_0 * K_c$$

La ET_0 se conoce como la evapotranspiración de referencia y corresponde al agua usada por un cultivo de pasto corto y uniforme, que cubre completamente el suelo y con un suministro de agua adecuado. La ET_0 es una medida de la demanda evaporativa atmosférica de una región en particular a través del año. La evapotranspiración potencial o de referencia puede ser determinada a través del método de Pennman-Monteith o utilizando el método de la bandeja de evaporación clase A. La ET_0 corresponde a un 70 a 80% de la bandeja de evaporación clase A.

El coeficiente de cultivo (K_c) es la fracción de agua que un cultivo bien regado usa en relación a la ET_0 ($K_c = ET_0/ET_c$). Depende del estado de desarrollo del cultivo, las características propias de la variedad, el grado de cobertura y del sistema de conducción (altura y resistencia de la canopia). El K_c , además, varía a través de la temporada entre valores que van desde 0,15 a 0,95 (figuras 2 y 3), en la medida que las plantas desarrollan su follaje. En los cuadros 3 y 4 se presentan valores de K_c normalmente recomendados para ser utilizados en vides de mesa conducida en parronal.

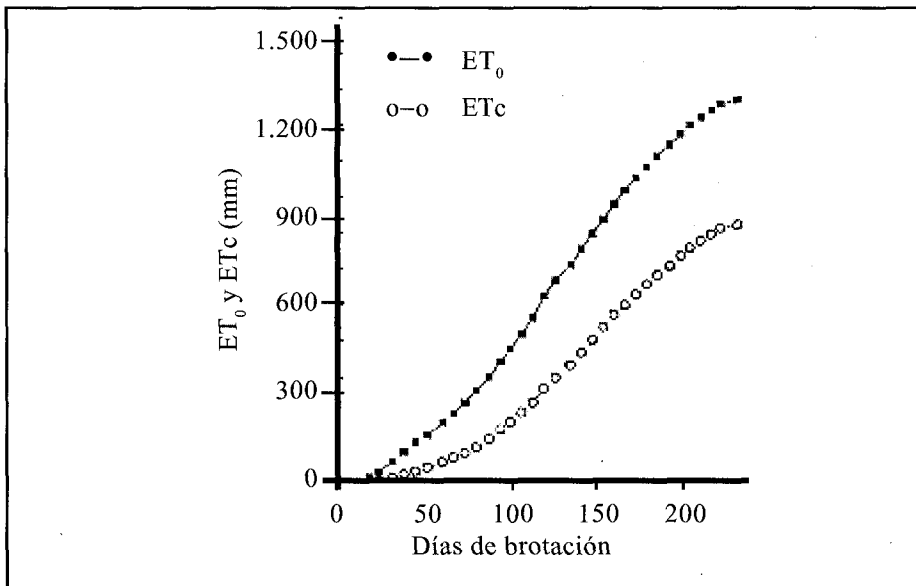


Figura 2. Evolución de la ET_0 y de la ET_c , desde brotación hasta término de temporada. (California) cv Thompson Seedless. Extractado de Williams *et al.* (1995).

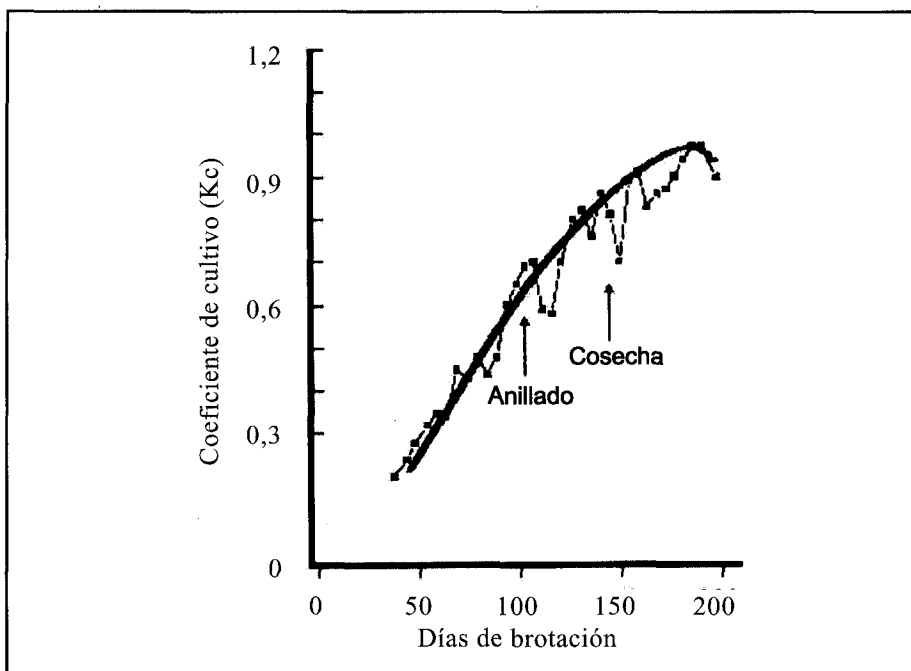


Figura 3. Evolución del coeficiente de cultivo K_c (ET_c/ET_0) en el transcurso de una temporada (California) cv Thompson Seedless. Extractado de Williams *et al.* (1995).

Los datos presentados en las figuras 2 y 3 fueron obtenidos por Williams *et al.* (1995) en parras Thompson Seedless conducidas en cruceta californiana, utilizando lisímetro de pesada, en el Centro Agrícola de Kearney, Universidad de California. Según los autores, estos coeficientes han resultado válidos para variedades Perlette y Flame Seedless en el valle de Coachella y Thompson Seedless en la parte sur del valle de San Joaquín. Los autores señalan que estos coeficientes deben aumentarse entre un 20 y un 30% en el sistema de conducción de parronal Español.

Durante la primera fase de desarrollo de la vid, desde “yema hinchada” hasta “punta verde”, los requerimientos netos por evapotranspiración son cercanos a un 20% ($K_c = 0,2$) de la evapotranspiración de un cultivo de referencia, ET_0 , y corresponde casi exclusivamente a la evaporación

Cuadro 3. Coeficientes de cultivo para uva de mesa (Kc) ajustados para el Valle del Aconcagua

Estado fenológico	Thompson Seedless, Red Globe	Flame Seedless, Superior, Dawn S.
Antes de brotación	0,15	0,15
Inicio de brotación	0,20	0,20
Brote 40 cm	0,25	0,20
Brote 80 cm	0,30	0,20
Inicio floración	0,60	0,30
Baya 6 mm	0,80	0,60
Baya 8 mm		0,80
Baya 10 mm	0,90	
Cierre de racimos	0,90	0,90
Inicio pinta	0,95	0,90
Inicio cosecha	0,80	0,70
Fin cosecha exportación	0,60	0,50
Fin cosecha país	0,50	0,50
Caída de hojas	0,15	0,15

Fuente: Luis Cariola L.

directa desde el suelo (Williams *et al.*, 1995). Otros autores asignan un 15% de ET_0 para este período. Posteriormente, al aparecer y desarrollarse las hojas y por consiguiente la superficie evapotranspirante del cultivo, el Kc aumenta. Williams *et al.* (1995) demostraron que plantas de la variedad Thompson Seedless, que utilizaron alrededor del 20% de la ET_0 al momento de la brotación, requerían el 60% de la ET_0 70 días después, cercano al proceso de floración y coincidente con el rápido crecimiento de brotes. Yakasovic (1994) en Aconcagua sitúa la floración en el día 73 a partir del estado de yema hinchada para la variedad Thompson Seedless, y Soffia (1994), en la misma localidad, encontró que tal evento ocurrió en el día 75 para la variedad Sugraone y en 78 para la variedad Ribier.

Cuadro 4. Coeficientes de cultivo para tres grupos de variedades

Días desde brotación	Temprana	De media estación	Tardía
1	0,15	0,15	0,15
20	0,37		
25		0,37	
40			0,37
45	0,50		
50		0,50	
70	0,73		
75		0,73	0,50
90	0,85		
100		0,85	0,73
110	0,85		
125		0,85	
140			0,85
190			0,85
200	0,10	0,10	0,10

Fuente: Luis Gurovich.

Una vez producida la floración, la cuaja marca el inicio del desarrollo del fruto. En la primera etapa de crecimiento del fruto (fase I), que dura entre 3 y 5 semanas, Williams *et al.* (1995) encontraron que la relación ET_c/ET_0 (K_c) aumentó en forma mucho más paulatina, y entre los días 70 a 110 posteriores a brotación sólo aumentó hasta un 70% de ET_0 ($K_c = 0,7$).

Durante la etapa II de crecimiento del fruto hay muy poco incremento de tamaño. El proceso de pinta marca el inicio de la etapa III de crecimiento del fruto. Durante esta etapa nuevamente hay un fuerte incremento en el tamaño del fruto, esta vez debido principalmente a la elongación celular, y empieza el proceso de acumulación de fotosintatos y degradación de la clorofila. Tanto Yakasovic (1994) en la variedad Thompson Seedless como Soffia (1994) en las variedades Sugraone y Ribier encontraron que, al lle-

gar el fruto a esta etapa, el crecimiento vegetativo estaba completamente detenido, con muerte de la yema terminal. Al iniciarse este proceso, nuevamente se produjo un aumento sustantivo de la relación E_{Tc}/E_{T_0} hasta alcanzar un valor de Kc cercano a 1 (Williams *et al.*, 1995). Esta situación se mantiene durante todo el período de maduración del fruto e incluso en poscosecha. Williams *et al.* (1995) han encontrado para la variedad Thompson Seedless que este coeficiente de cultivo, de valor cercano a 1, se produce unos 15 días antes de cosecha (Figura 3).

Una vez realizada la cosecha, el valor de coeficiente de cultivo disminuye ligeramente. Durante este período se produce un activo crecimiento de raíces (Ibacache y Lobato, 1995; Yakasovic, 1994; Soffia, 1994), además de aumentar los niveles de carbohidratos en los órganos de reserva (brotes, tronco, brazos y raíces). Posteriormente, la demanda hídrica decrece, principalmente debido a la senescencia de las hojas basales.

Por lo indicado anteriormente, la cantidad de agua que requiere la vid a lo largo de la temporada de crecimiento es muy variable, dependiendo del clima y de factores propios del cultivo, tales como desarrollo y la cobertura. En relación al requerimiento total de agua durante la temporada de crecimiento, antecedentes en uva de mesa señalan que al inicio de la brotación sus necesidades son mínimas, 1,5 por ciento del total, lo mismo que durante la floración en que tampoco exceden de esa cantidad. Desde la floración hasta la cuaja, consume el 10 por ciento. De la cuaja al estado de pinta, el 43 por ciento y de pinta a madurez, cerca del 44 por ciento de sus necesidades totales (Contreras y Pinto, 1973).

Otro factor a considerar en las prácticas de riego es el crecimiento radical. En la vid éste sigue un patrón distinto al de otras especies de hoja caduca, pues mientras en la mayoría de las especies el crecimiento de las raíces antecede a brotación, en la vid comienza algunas semanas posterior a ella.

En la época en que existe desarrollo de raíces, el suelo debe contar con humedad suficiente como para que esto ocurra. El contenido de humedad no debe ser muy alto, ya que se dificulta la difusión de oxígeno y por tanto la respiración de las raíces, pero tampoco debe dificultar su crecimiento por falta de agua.

Ibacache y Lobato (1995), observando el crecimiento de las raíces de la variedad Gold en la localidad de Vicuña, IV Región, encontraron que existen dos períodos en los que se produjo un gran desarrollo del sistema radical (Figura 4). El primero, y de mayor magnitud, comienza unas cuatro semanas después de brotación, llega a su máximo al final del estado de floración, y consiste básicamente en el desarrollo de raíces gruesas (sobre 1 mm de diámetro). El segundo período de desarrollo de raíces se produce luego de cosechada la fruta y antes de caída de hojas.

Yakasovic (1994), observó que en la variedad Thompson Seedless, en Aconcagua, el primer período de crecimiento de raíces comienza unas tres semanas después de la brotación, logrando su máximo casi simultáneamente con el mayor crecimiento de brotes y disminuyendo fuertemente después de floración e inicio de cuaja. Soffia (1995) y Cortés (1995), en Aconcagua, llegan a conclusiones similares observando las variedades Sugraone y Ribier, y Red Globe, respectivamente.

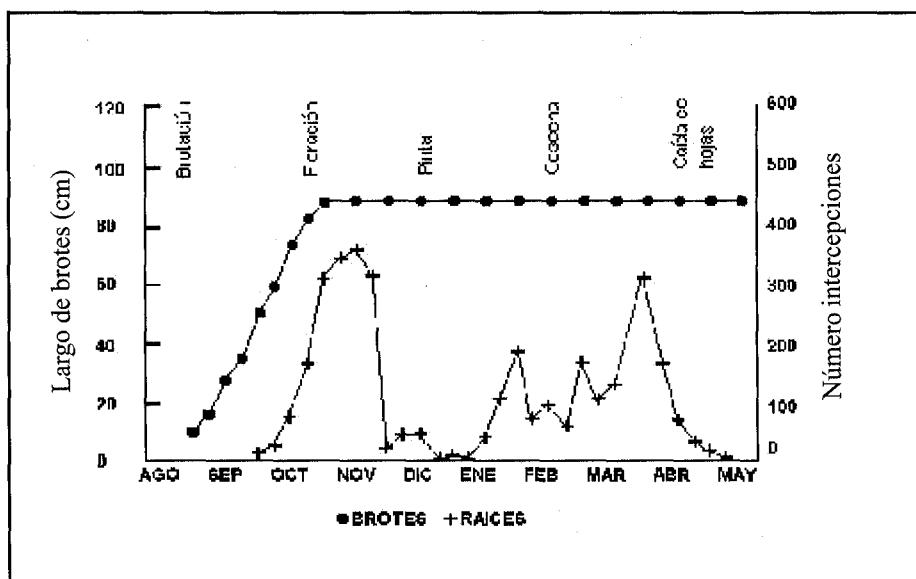


Figura 4. Crecimiento de raíces y brotes en la vid. Extractado de Ibacache y Lobato (1995).

El crecimiento de raíces superficiales (primeros 60 cm de suelo) está muy asociado a la primavera, mientras que aquellas que se desarrollan a mayor profundidad lo hacen en primavera y otoño, siendo ligeramente más fuerte en esta segunda época (Ibacache y Lobato, 1995).

Cuadro 5. Requerimientos hídricos máximos en uva de mesa en algunas localidades de Chile

Zona de cultivo	ET₀ máx. (mm/día)	ETc máx. (mm/día)	ETc máx. (L/s/ha)
Amolana, III R.	8,0	7,2	0,9
Tierra Amarilla, III R	6,7	6,0	0,8
Copiapo, III R.	6,2	5,6	0,7
Vallenar, III R.	6,2	5,6	0,7
Serena, IV R	5,8	5,2	0,7
Vicuña, IV R	7,5	6,8	0,9
Paiguano, IV R	8,0	7,2	0,9
Ovalle, IV R	5,7	5,1	0,7
San Felipe, V R	5,8	5,2	0,7
Casablanca, V R.	5,3	4,8	0,6
Llay-Llay, V R:	5,3	4,8	0,6
Santiago, R.M.	6,6	5,9	0,8
Buin, R.M.	6,8	6,1	0,8
Melipilla, R.M.	6,3	5,7	0,7
Rancagua, VI R.	6,3	5,7	0,7
San Fernando, VI R.	5,8	5,2	0,7
Romeral, VII R.	5,8	5,2	0,7
Talca, VII R.	6,2	5,6	0,7
Pencahue, VII R.	6,0	5,4	0,7
Linares, VII R.	6,3	5,7	0,7

EFFECTOS DEL DÉFICIT HÍDRICO EN DISTINTAS ETAPAS DEL DESARROLLO

Cuando la tasa de absorción de agua de las plantas durante un día es inferior a la E_{Tc} del cultivo, se produce un déficit hídrico. Cada etapa del crecimiento está caracterizada por distintas actividades metabólicas y presenta distinta sensibilidad al déficit hídrico. Existen períodos en los cuales, a pesar de existir una alta demanda evaporativa, las consecuencias de un déficit hídrico no son tan notables sobre la producción y su calidad. Por el contrario, existen períodos en que la demanda hídrica es menor y la sensibilidad al déficit de agua es alta (afecta fuertemente a la producción y su calidad).

Brotación a Floración

Según Winkler (1980), en la variedad Thompson Seedless este período se extiende por 6 a 8 semanas, dependiendo del clima. Yakasovic (1994) observó en el valle de Aconcagua una duración de 6 semanas.

Aunque es poco frecuente un déficit de humedad de suelo importante en esta etapa, por ocurrir en Chile precipitaciones durante el invierno, en ciertas zonas esta humedad puede agotarse muy rápidamente, ya sea por precipitaciones insuficientes durante los meses húmedos o por baja capacidad de almacenaje del suelo, asociado a una alta irradiación solar.

Wample (1997) sostiene que de producirse un estrés hídrico en el período comprendido entre brotación y floración, la primera sería desuniforme y se reduciría o incluso detendría el crecimiento de brotes. También es posible que el desarrollo de flores y la viabilidad del polen y los pistilos se reduzca. Se han apreciado deficiencias tempranas de zinc y boro como consecuencia de una inadecuada captación de estos elementos, producto a su vez del déficit hídrico.

Este mismo autor señala que al producirse un estrés hídrico en floración, además de una disminución de la cuaja debida a la viabilidad del polen y pistilos, cambios hormonales asociados al estado hídrico de la planta podrían contribuir al aborto floral y abscisión de racimos. Además, en ciertas

variedades de vid, la inducción de las yemas florales para la temporada siguiente empieza dos semanas antes de plena flor, y continúa por unas cuatro semanas, por lo que el déficit en este período puede resultar en un menor número de racimos por planta en la siguiente temporada.

Floración a Pinta

Diversos autores y estudios señalan a este período como el más sensible desde el punto de vista del riego. Hardie y Considine (1976) señalan que un déficit de humedad en el suelo durante el período comprendido entre floración hasta cerca de cuatro semanas posteriores a la antésis produce las mayores pérdidas de producción, debido principalmente a una reducción en el número y tamaño de las bayas.

En un estudio llevado a cabo por INIA en Vicuña, IV Región, en la variedad Flame Seedless, se vio que suspender el riego por 10 días durante el período de cuaja produjo un aumento importante en la cantidad de bayas pequeñas o millerandaje.

Becker y Zimmermann (1984) sometieron a plantas cultivadas en macetero a regímenes alternados de humedad, encontrando que las plantas que sufrieron un estrés antes de pinta y que posteriormente recibían riego normal no lograron el peso de baya de aquellas plantas que no presentaron estrés antes de pinta pero que fueron sometidas a restricción después de este período. También determinaron que el crecimiento vegetativo estaba influenciado muy fuertemente por el aporte hídrico en el período que va desde brotación a pinta.

Pinta a Cosecha

Déficit hídricos posteriores a pinta no afectan tan fuertemente al fruto (Gurovich y Steiner, 1987; Peacock y Dokoozlian, 1997; Williams *et al.*, 1995), aunque puede resultar en una rápida senescencia de las hojas más basales, seguido por abscisión de hojas y pérdida de canopia, lo que a su vez puede producir daño por golpe de sol y retrasar la madurez del fruto por una baja en los fotosintatos (Wample, 1997).

Este último aspecto no es tan claro, ya que algunos autores señalan que un déficit moderado puede producir el efecto contrario, es decir, un adelanto en la madurez (Gurovich y Steiner, 1987; Peacock y Dokoozlian, 1997). En un experimento realizado en vides de dos años, cultivar Crimson Seedless (Peacock y Dokoozlian, 1997), para evaluar el efecto del déficit hídrico sobre el color del fruto, producción y crecimiento de la planta, se aplicaron dos tratamientos consistentes en reducir el riego en un 50 por ciento de la evapotranspiración del cultivo (ETc) a partir de seis (T1) y diez (T2) semanas antes de la cosecha, (que corresponden al 15 de febrero y 15 de enero, respectivamente), el resto de la temporada se mantuvieron regados con el 100 por ciento de la ETc. Estos tratamientos se compararon con un testigo (T0) regado con un 100 por ciento de la ETc durante toda la temporada de crecimiento. La cantidad total de agua aplicada fue de 2.973, en el testigo, 2.129 en el T1 y 2.450 m³/ha en T2. Ambos tratamientos deficitarios mejoraron significativamente el desarrollo del color del fruto y aumentaron el contenido de azúcar en comparación con el testigo, mientras que el rendimiento, el tamaño y peso de bayas no fueron afectados. La suspensión del riego en ambos tratamientos produjo una detención del crecimiento de brotes y una defoliación moderada de hojas basales. Por otra parte, en las variedades Perlette y Flame Seedless, Williams *et al.* (2, 1995) evaluaron el efecto del déficit hídrico en ciertas etapas de crecimiento del fruto. Para ello se aplicaron distintas cantidades de agua entre pinta y cosecha 0,5; 0,75; 0,89; 1,25 y 1,5 respecto a la aplicada por el agricultor. Los resultados obtenidos en ambas variedades, indican que sería posible aplicar un riego deficitario para aumentar los sólidos solubles, sin afectar negativamente el tamaño de la baya y por ende el rendimiento. El potencial xilemático medido al mediodía fue significativamente menor en vides regadas con la mitad del agua aplicada tradicionalmente por el agricultor. Los tratamientos 1,0; 1,25 y 1,5, de la ETc, según los valores de potencial xilemático, no fueron estresados ya que presentaron valores superiores – 1,1 MPa. Estos resultados, si bien corresponden a dos temporadas de estudio, en principio confirman la posibilidad de aplicar riegos deficitarios durante el período comprendido entre pinta y cosecha, sin afectar negativamente la productividad y calidad del fruto.

Postcosecha

Muchas veces, este período posterior a la descarga del parrón es descuidado como estado de crecimiento, y se pone poca atención a la aplicación de los riegos y/o fertilización en esta etapa de desarrollo.

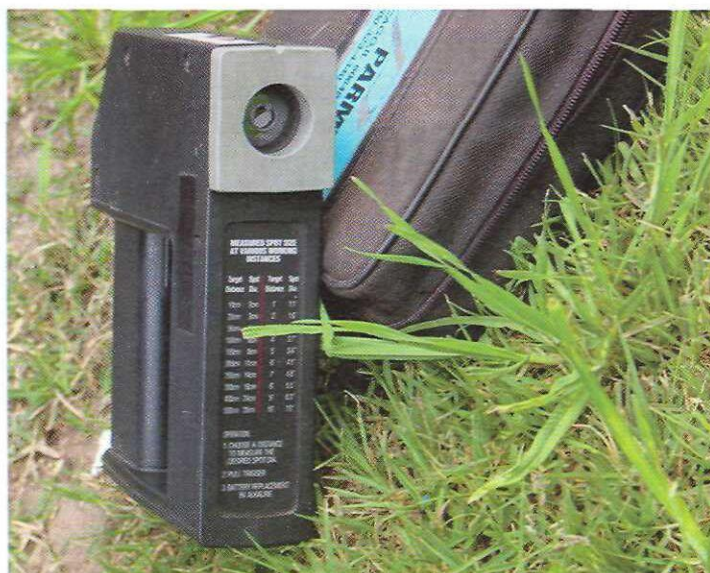
Si bien es cierto que ya no se puede afectar la producción directamente, es importante recordar que esta es la época normal para el crecimiento de raíces, en especial las más profundas (Ibacache y Lobato, 1995) y reposición de las reservas alimenticias (carbohidratos y aminoácidos) a nivel de yemas, tronco y raíces, y que puede tener una incidencia importante en la brotación de la próxima temporada.

Receso Invernal

Una de las mayores discusiones en el manejo del riego es si se debe o no regar en invierno en caso de falta de lluvias. En este período, al no haber hojas presentes ni crecimiento, los requerimientos hídricos de la parra son menores que en las etapas anteriormente nombradas, pero también hay que considerar que en primavera se producirá un período de activo crecimiento de las raíces, posterior de la brotación en la parte aérea y muy dependiente de la temperatura del suelo (Ibacache y Lobato, 1995), por lo que riegos tempranos que bajen la temperatura del suelo y reduzcan su aireación no son aconsejables.

Este último aspecto cobra especial importancia en suelos con baja macroporosidad, donde el problema de aireación es particularmente delicado. En este tipo de suelos, donde riegos tempranos impliquen llegar a brotación con una baja aireación del suelo es preferible regar en invierno y asegurarse de contar con tiempo suficiente para drenar el suelo antes de que empiece el crecimiento de las raíces (septiembre a octubre, según Ibacache y Lobato (1995)).

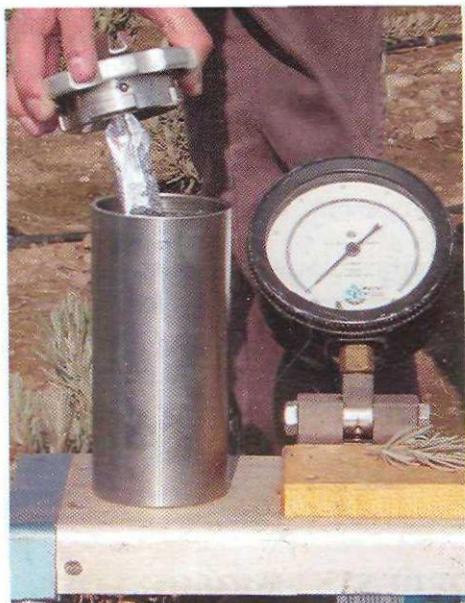
Otros antecedentes, sin embargo, apuntan a que la sequía invernal puede no tener efectos negativos para la planta. En un estudio llevado a cabo por INIA en Vicuña, IV Región, durante tres temporadas en la variedad Thompson Seedless, se probó en un grupo de parras el efecto de la supre-



Pistola infrarroja para medir temperatura de la canopia.



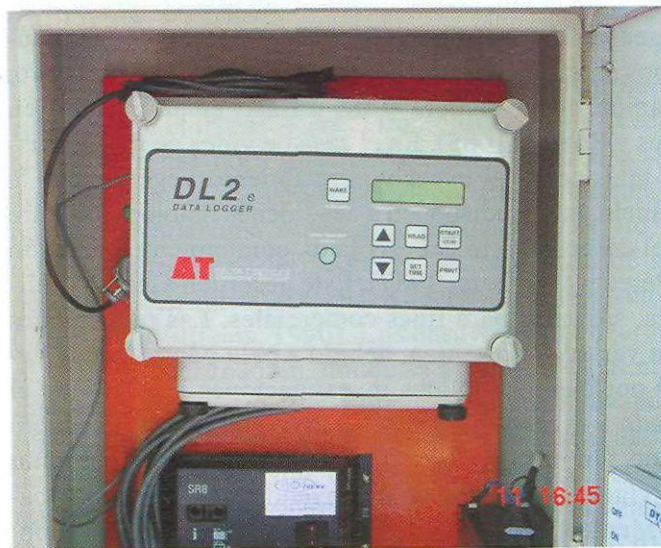
Parronal donde se realizó el ensayo. Curimón, valle de Aconcagua.



Cámara de presión o Bomba Scholander, con hoja cubierta. Se utiliza para medir potencial hídrico xilemático.



Dendrómetro o captor de desplazamiento lineal.



Módulo que registra los datos del dendrómetro.

sión de riego durante el período de receso invernal, las que se compararon con plantas regadas durante el invierno. En el primer grupo, el riego se inició junto con la aplicación de cianamida hidrogenada, en una fecha que fluctuó desde el 12 de junio al 19 de julio, y posteriormente se regó normalmente. El segundo grupo se regó cuando la humedad del suelo llegaba al 50% de la humedad aprovechable.

Aunque no se encontraron diferencias significativas, el tratamiento sin riego invernal obtuvo una brotación más precoz y ligeramente mayor. También hubo una mayor producción total, dada por un mayor número de racimos por planta, aunque de peso individual algo menor, y un mayor crecimiento vegetativo (peso de poda). Los autores, sin embargo, no entregan antecedentes acerca de las condiciones del suelo, que sería de gran importancia en la decisión de aplicar o no riegos invernales.

DÉFICIT HÍDRICO Y DESÓRDENES FISIOLÓGICOS

El cultivo de la vid en parronal, debido su menor densidad de plantación, exigen a cada planta un crecimiento y producción muy superior a otros sistemas de conducción. Con el fin de maximizar el crecimiento y la rápida entrada en producción de la vid, comúnmente se incurre en una excesiva fertilización nitrogenada durante el período de formación de las plantas, provocando algunos problemas como excesivo crecimiento vegetativo, insuficiente lignificación de la madera y un retraso en la entrada en producción (Retamales y Razeto, 1985). En el caso de vides de mesa, existen diversos factores tales como el excesivo crecimiento vegetativo y la elevada humedad del suelo, que predisponen a desórdenes fisiológicos entre los que se encuentra el desecamiento del escobajo, comúnmente conocido como “palo negro” (Pérez y Momberg, 1987). Este desorden afecta la calidad de la uva de mesa, sin valor para fines comerciales. Las reducciones de la producción de la variedad Sultanina, debido a palo negro, puede variar de un 25 a un 40 por ciento. Algunas investigaciones indican que el palo negro está asociado a excesos de amonio a nivel del raquis, producto de un exceso de vigor. Un déficit hídrico, al disminuir el crecimiento vegetativo de plantas vigorosas, estaría contribuyendo a disminuir la aparición de palo negro. Mantener un nivel de humedad lo más uniforme po

sible durante la temporada está dentro de las prácticas de manejo recomendadas para aliviar los efectos de este desorden. En el Instituto de Investigaciones Agropecuarias se llevó a cabo un estudio en Sultanina para evaluar los posibles efectos de la cantidad de agua aplicada y la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento vegetativo, rendimiento y la frecuencia de aparición de palo negro. El ensayo consiste en aplicar tres regímenes hídricos (100, 50 y 25% de reposición de la evapotranspiración del cultivo (ETc)) y cuatro tratamientos de fertilidad (F1: N alto, fuente amídica; F2: N alto, fuente nítrica; F3: N normal, fuente amídica y F4: N normal, fuente amídica más fósforo). Los resultados de la primera temporada de experimentación indican que el crecimiento vegetativo fue significativamente mayor en tratamientos con 100% de reposición de la evapotranspiración, sin existir una clara influencia de la fertilización. El porcentaje de aparición de palo negro fue mayor en los tratamientos de fertilidad con fuente amídica, asociado al tratamiento más húmedo.

DÉFICIT HÍDRICOS CONTROLADOS EN VID DE MESA

Experiencias realizadas en los valles de Coachella y San Joaquín en California, EE.UU.

Como se muestra en los puntos anteriores, existe abundante literatura relacionada con el impacto del déficit hídrico sobre la respuesta fisiológica de la vid, pero hay poca información que relacione cuantitativamente la producción con la intensidad del riego. En California se realizó un estudio para desarrollar una función de producción en vid, cultivar Sultanina, y establecer técnicas de medición del contenido de agua en la planta que permitan determinar un régimen adecuado de riego en condiciones de campo (Grimes y Williams, 1990). Los ensayos se realizaron durante tres años en el Valle de San Joaquín, donde se aplicaron diferentes cantidades de agua que fluctuaron entre 40 y 120 por ciento de la evapotranspiración del cultivo (ETc) (Figura 5). Estos autores indican que se puede regar deficitariamente durante toda la temporada con efectos mínimos en crecimientos del grano y rendimiento, con posibles ventajas en la fecha de cosecha y mejorando la calidad de la fruta (Cuadro 6).

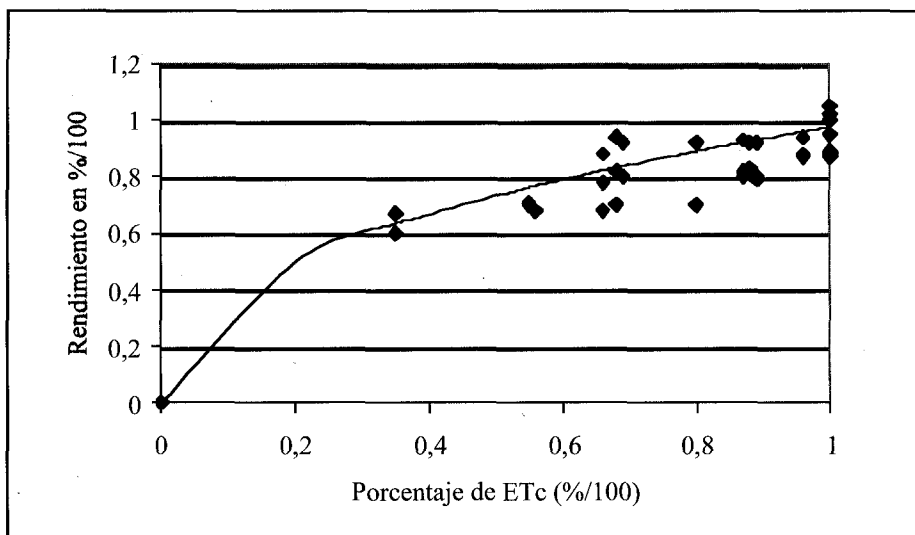


Figura 5. Función de producción en vid de mesa cv Thompson Seedless desarrollada en California Valle de San Joaquín.

En el Cuadro 6 se observa que el rendimiento de vides Thompson Seedless se maximiza con cantidades de agua aplicadas que son el 80% de la ETc, determinada con lisímetro de pesada, y disminuye cuando las cantidades de agua aplicada fueron mayores al 100%, esto último debido a una reducción de la fructificación de los brotes. Según Williams (2000), quien realizó estudios en varias viñas de uva de mesa durante cuatro años en los valles de Coachella y San Joaquín, el rendimiento de uva utilizable disminuye levemente cuando se aplica una cantidad de agua igual al 50% de la ETc durante toda la temporada.

Cuadro 6. Efecto de déficit hídrico, parejos durante toda la temporada, en el calibre y rendimiento de vides de mesa Thompson Seedless en Kearney Agricultural Center (Universidad de California)

Agua aplicada (% de ETc)	Peso del grano (% del mayor)	Rendimiento, fruta embalada (% del mayor)
0	44	10
20	67	36
40	75	68
60	84	94
80	95	100
100	100	90
120	95	95
140	98	91

Experiencias realizadas en el valle del Aconcagua, Chile

En Chile, en el Valle del Aconcagua, a partir de la información desarrollada, principalmente en California, en los Valles de Coachella y San Joaquín, El Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), con apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) desarrolló un trabajo cuyo objetivo fue evaluar niveles de ahorro de agua del orden del 20%, pero concentrados en diferentes períodos fenológicos, de manera de disponer de estrategias complementarias para enfrentar períodos de escasez de agua. A continuación se presenta el trabajo realizado en déficit hídrico controlado en el valle del Aconcagua.

El ensayo fue realizado en el valle del Aconcagua en la localidad de Curimón, comuna de San Felipe, V Región, en uva de mesa cv. Sultanina en plena producción y plantados en parronal español en un marco de 3,5 x 2,5 m. El suelo donde se desarrolló el ensayo es de origen aluvial, de textura franca, con al menos 2 m de profundidad y sin limitaciones de nivel freático ni estratas endurecidas.

El clima del valle en la zona del ensayo es de tipo mediterráneo, con marcada concentración invernal de las precipitaciones y un verano prolongado y seco. El período de lluvias está concentrado entre los meses de mayo y agosto, con magnitudes entre los 250 y 450 mm anuales. El período seco es de ocho meses. La temperatura media anual de la zona alcanza los 16 °C, con máximas superiores a los 32 °C en verano y mínimas cercanas a los 2,5 °C.

Los tratamientos de riego evaluados fueron los siguientes:

- T1: Tratamiento testigo. Se regó con el equivalente para suplir el 100% de la ETc durante toda la temporada.
- T2: Riego con 100% de la ETc desde brotación hasta cosecha. 25% de la ETc en postcosecha.
- T3: Riego con 100% de la ETc desde brotación hasta pinta. 60% de la ETc desde pinta a cosecha. 100% de la ETc en postcosecha.
- T4: Riego con 60% de la ETc de brotación a pinta. 100% de la ETc desde pinta a cosecha y postcosecha.

La evapotranspiración máxima del cultivo (ETc) se calculó a partir de la evapotranspiración potencial y los coeficientes de cultivos presentados en el Cuadro 3.

En el Cuadro 7 se muestra la reposición de agua que tuvieron los distintos tratamientos en cada uno de los años de estudio, considerando que el riego comienza la 2ª semana de octubre y termina la 2ª semana de abril. Se observa que la cantidad total de agua aplicada al tratamiento T1 (100% de la ETc) varía desde los 5.721 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en la temporada 1998/1999 hasta los 4.858 m³ ha⁻¹ año⁻¹ aplicados en la temporada 1999/2000.

La reducción del suministro hídrico en las diferentes etapas resultó en un ahorro de agua total que fue desde un 13%, en el tratamiento T2, hasta un 20% en el tratamiento T4 respecto al testigo (Cuadro 7). En el tratamiento con déficit antes de pinta (T4) la economía se produce entre mediados de

septiembre hasta mediados de enero. En el Cuadro 4 se ha incluido el volumen de agua aplicado por el agricultor en la temporada 2000/01, el que supera en un 29% al tratamiento T1 (100% de ETc).

Cuadro 7. Volúmenes de agua aplicados (riego) en los distintos tratamientos de riego deficitario a lo largo de la temporada, expresados en $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$

Tratamiento	1998/99	1999/00	2000/01	Agua aplicada promedio respecto al testigo (%)
T1	5.751	5.647	4.858	100
T2	4.949	4.802	4.104	85
T3	5.099	4.901	4.214	87
T4	4.528	4.586	3.960	80
Agricultor	—	—	6.286	129
Pp. efectiva	279	1.120	1.665	

La distribución de las necesidades hídricas de las plantas en los distintos estados fenológicos, expresados en forma porcentual, se presentan en la Figura 6. Algo más del 50% de los requerimientos hídricos totales ocurren entre brotación y tinta (septiembre a inicios de enero).

Estado hídrico de las plantas

El estado hídrico de las plantas fue monitoreado a través del potencial hídrico xilemático, que refleja el nivel de estrés en que se encuentra la planta debido a la disponibilidad de agua en el suelo y a la demanda evaporativa de la atmósfera.

El potencial hídrico xilemático, a mediodía, mostró un comportamiento similar en las tres temporadas de estudio. Los potenciales fluctuaron entre $-0,6$ y -1 MPa lo cual muestra que las plantas no estuvieron sometidas a estrés hídrico en ningún momento del período de desarrollo del cultivo (Figura 7). Según Williams *et al.* (2, 1995) la vides de mesa se encuentran

estresadas cuando a medio día presentan un potencial xilemático inferior a $-1,1$ MPa.

Este comportamiento puede ser explicado por las reservas de humedad que presenta el suelo luego del invierno debido a las precipitaciones o riego de postcosecha. Las precipitaciones aportaron 279 , 1.112 y 1.665 m^3 ha^{-1} en la primera, segunda y tercera temporada respectivamente (Cuadro 7), concentrados en los meses de invierno principalmente. En las dos últimas temporadas, las precipitaciones fueron incluso superiores a la disminución de agua aplicada (680 m^3 ha^{-1} en el tratamiento T3 y 1.060 m^3 ha^{-1} en T4).

Williams (2000) indica que cada vez más productores en uva de mesa están usando cámara de presión para medir el potencial hídrico xilemático como una ayuda para controlar el riego en California.

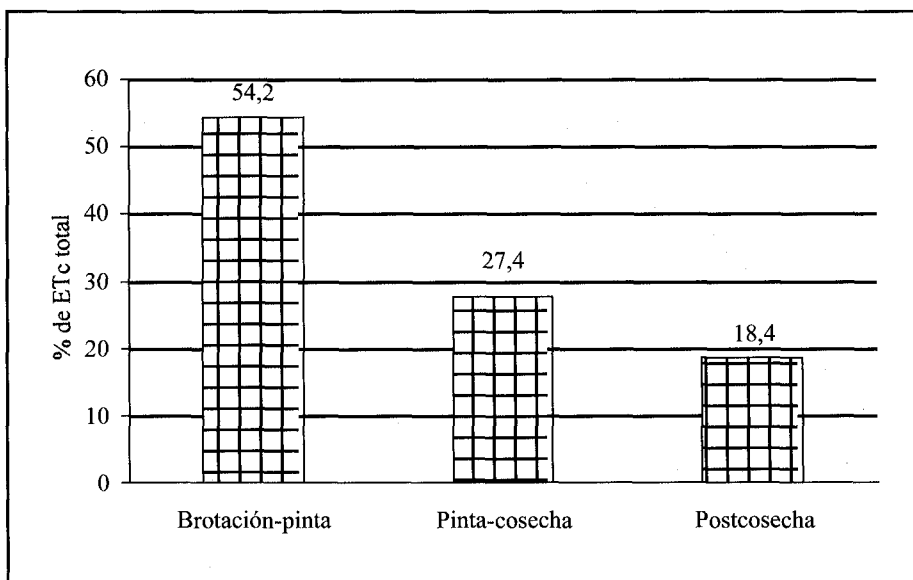


Figura 6. Evapotranspiración del cultivo por período fenológico.

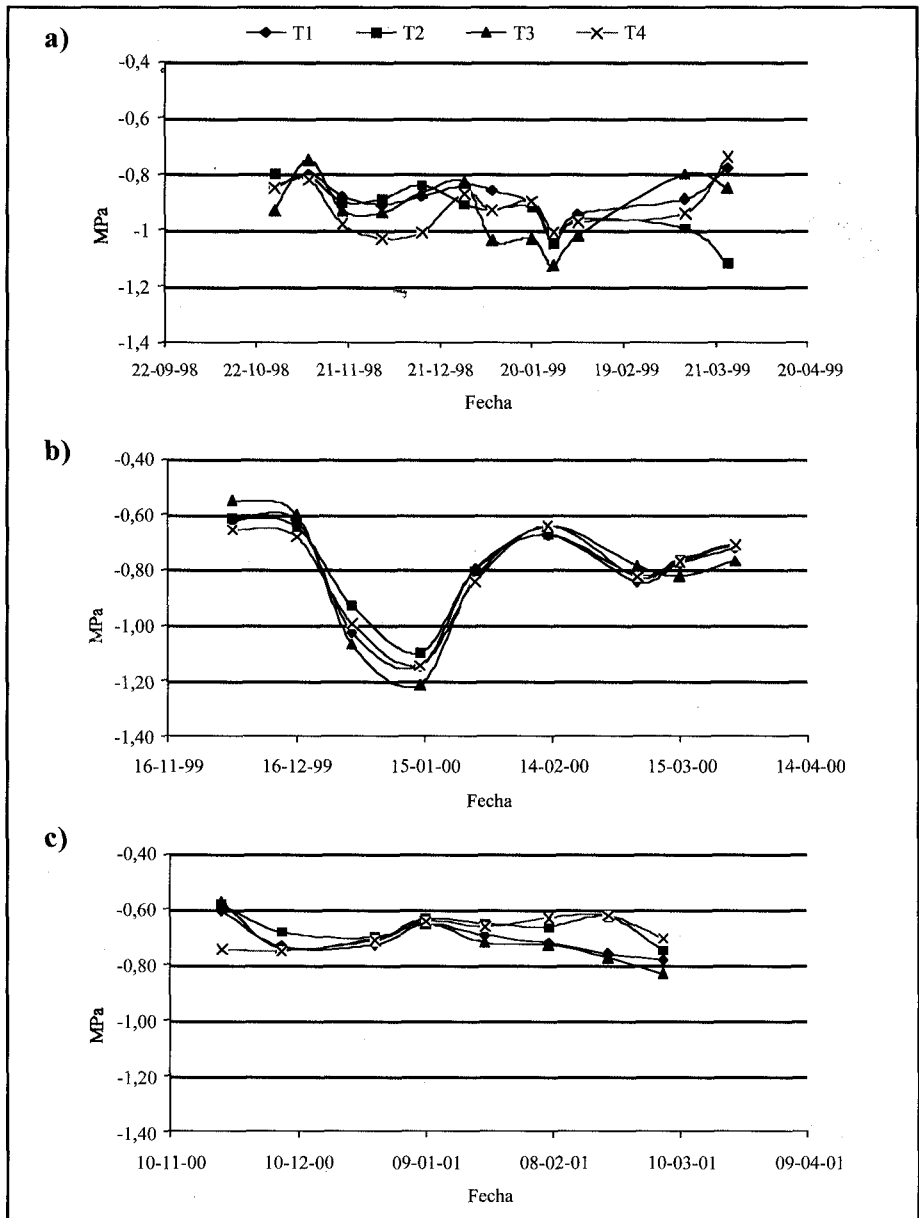


Figura 7. Potencial hídrico xilemático, medido a mediodía en el ensayo realizado en Aconcagua.

Crecimiento vegetativo

Crecimiento de tronco

La contracción máxima diaria que presentó el tronco (CMD) estuvo muy relacionada con la demanda evaporativa de la atmósfera, representada por la evaporación de bandeja. Sin embargo, no se presentaron diferencias significativas en la variación de los diámetros de los distintos tratamientos. Estos antecedentes son concordantes con la información obtenida a partir de los potenciales hídricos xilemáticos y la conductancia estomática que señalan que la disminución del agua aplicada no produjo estrés en las plantas.

Selles y Berger (1990) determinaron en durazneros que existe una alta correlación entre la magnitud de la CMD y el potencial hídrico xilemático. A medida que disminuye el potencial hídrico, aumenta la CMD dentro de ciertos límites. Según estos autores, en durazneros al menos estos cambios en la CMD se comenzarían a producir con potenciales xilemáticos a mediodía inferiores a $-0,8$ MPa. No existen antecedentes en uva de mesa, sin embargo, dada la magnitud de los potenciales hídricos medidos en la temporada 2000/01 (Figura 7c), la magnitud de las contracciones de tronco observadas estarían más relacionadas con condiciones de demanda evaporativa de la atmósfera y las propiedades elásticas de los tejidos mismos que constituyen el floema y cambium vascular. El efecto de un estrés hídrico sobre la magnitud del CMD se manifestaría bajo los $-0,8$ Mpa, lo que concuerda con lo encontrado con Sellés y Berger (1990) en durazneros.

Crecimiento de brotes

El mayor crecimiento de los brotes se produce entre brotación y pinta, ya que posteriormente ocurre la muerte de la yema terminal (Figura 8). De ella se puede desprender que sólo los déficit hídricos con anterioridad a pinta podrían afectar el crecimiento vegetativo de las plantas.

En el Cuadro 8 se observa el peso de poda, en las temporadas 1999/2000 y 2000/2001, donde no se registraron diferencias significativas en este parámetro, lo que concuerda con el análisis del estado hídrico de las plan-

tas. Sin embargo, en él se observa una tendencia a menor crecimiento en el tratamiento T4, donde la disminución de agua ocurrió ente brotación y pinta, período donde los brotes se desarrollan con mayor velocidad (Figura 8). También se observa una tendencia a un mayor crecimiento vegetativo en el tratamiento T2, probablemente por una mejor aireación del suelo durante el crecimiento de raíces que ocurre una vez terminada la cosecha (mediados de febrero).

En el Cuadro 8 se presenta, además, el peso de poda obtenido en los sectores regados por el agricultor en la temporada 2000/2001. En los sectores de suelo franco (suelos del ensayo) las plantas presentan un menor crecimiento vegetativo respecto de los tratamientos del ensayo, lo que se puede deber a la menor aireación del suelo a causa de la mayor cantidad de agua aplicada por el agricultor (un 29% más que el tratamiento T1). En el sector de suelo arenoso, el que fue regado por el agricultor con el mismo programa que el sector franco, se evidenció un desarrollo vegetativo mucho mayor que en el resto de los tratamientos.

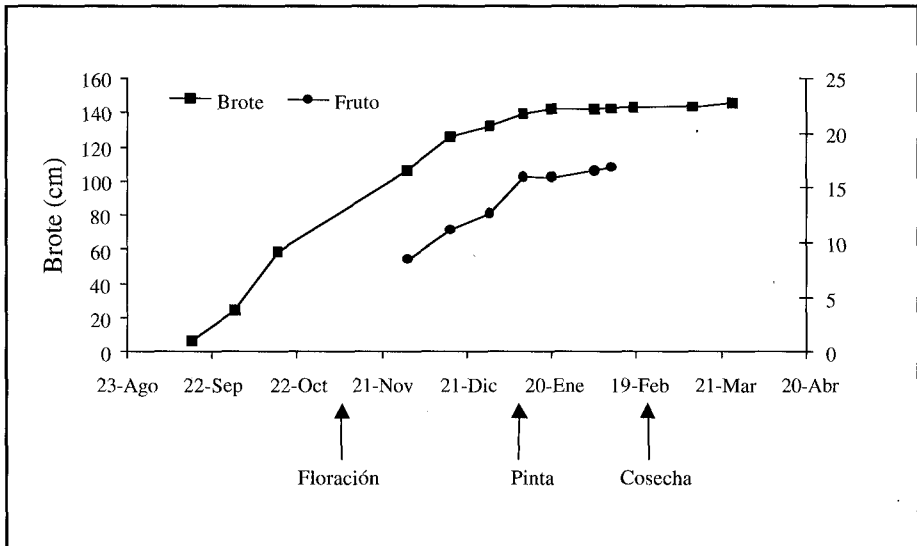


Figura 8. Crecimiento del brote y del fruto en vid cv. Thompson Seedless Aconcagua.

Cuadro 8. Peso de poda (kg/planta) temporadas 99/00 y 00/01

Tratamiento	Peso de poda (kg/planta)	
	1999/00	2000/01
T1	3,72 a	3,49 a
T2	4,48 a	3,67 a
T3	4,62 a	3,01 a
T4	3,58 a	2,98 a
Agricultor (suelo franco)	—	2,53 a
Agricultor (suelo arenoso)	—	4,20 b

Letras distintas en cada columna indican diferencia significativa (LSD 95%).

Al término de la temporada 2000/2001 se realizaron calicatas para determinar el desarrollo de las raíces. En el Cuadro 9 se puede observar que el menor desarrollo radicular se presentó en el suelo franco, regado con 129% de la ETc (Agricultor), lo que podría ser atribuido a mayores problemas de aireación en este tipo de suelo.

Cuadro 9. Densidad de raíces (Nº de raíces por m²) en los tratamientos de riego

Tratamiento	Raíces por m ²
T1	820
T3	858
Agricultor. suelo franco	780
Agricultor. suelo arenoso	1.070

En los tratamientos T1 y T3 la distribución de raíces (Figuras 9 y 10) es más uniforme que en el suelo franco (suelo del ensayo) regado por el agricultor (Figura 11), cubriendo prácticamente todo el perfil. El programa de riego utilizado por el agricultor consistió en altas cargas de agua (Cuadro 7) aplicadas con alta frecuencia (cada dos días en la época de mayor evaporación y diariamente en postcosecha), formando un bulbo amplio pero con aireación deficiente. Esto redundó en una concentración de raíces en

el borde del bulbo de humedad, quedando sin explorar la zona interior del mismo.

Aplicando el mismo programa de riego en un suelo más arenoso y con buen drenaje, la exploración de suelo por las raíces fue mucho mayor y más uniforme (Figura 12). Se atribuye este comportamiento a la mejor aireación del suelo posterior al riego, drenando los excesos de agua en forma rápida.

Por otra parte, el desarrollo del sistema radicular de las vides está estrechamente relacionado con el desarrollo de la parte aérea, tal como se puede observar en la Figura 13.

Crecimiento de frutos

El mayor crecimiento de los frutos se produce entre floración y pinta (Figura 8). De ella se puede desprender que los déficit hídricos con anterioridad a pinta podrían afectar significativamente el calibre de la fruta. Esto concuerda con lo observado en el Cuadro 10, donde se muestra que al momento de pinta el fruto ha acumulado solamente un 25% de la materia seca final (a la cosecha), aunque el calibre del fruto ya es el 85% del total, por lo que el mayor incremento de agua en el tejido ya ha ocurrido. En otras palabras, el crecimiento más importante en volumen se produce antes de pinta, por lo que un déficit hídrico antes de pinta afectaría el tamaño final del fruto.

Cuadro 10. Peso y diámetro de frutos a pinta y cosecha (2000/2001)

Tratamiento	Peso seco (g/fruto)		Diámetro (mm)	
	Pinta	Cosecha	Pinta	Cosecha
T1	0,193	0,730	12,85	15,50
T2	0,181	0,745	13,44	15,53
T3	0,185	0,760	12,92	15,87
T4	0,186	0,754	13,28	15,70

Distancia de la planta (cm)

Profundidad (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
5	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	2	1	3	6	5	4	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	2	3	6	5	4	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	3	4	5	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	6	2	6	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	6	6	4	5	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
40	6	6	6	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45	3	6	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
50	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
55	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
65	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
70	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
75	4	5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
80	3	6	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
85	2	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
95	3	3	2	3	4	2	4	2	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	2	2	2	2	1	1	2	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
105	2	2	2	2	1	1	2	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
115	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
120	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(Número de raíces en 25 cm²)

Leyenda 0 sin suelo 1 0 2 1-5 3 6-10 4 11-15 5 16-20 6 >20

Figura 9. Distribución de raíces en el tratamiento T1.

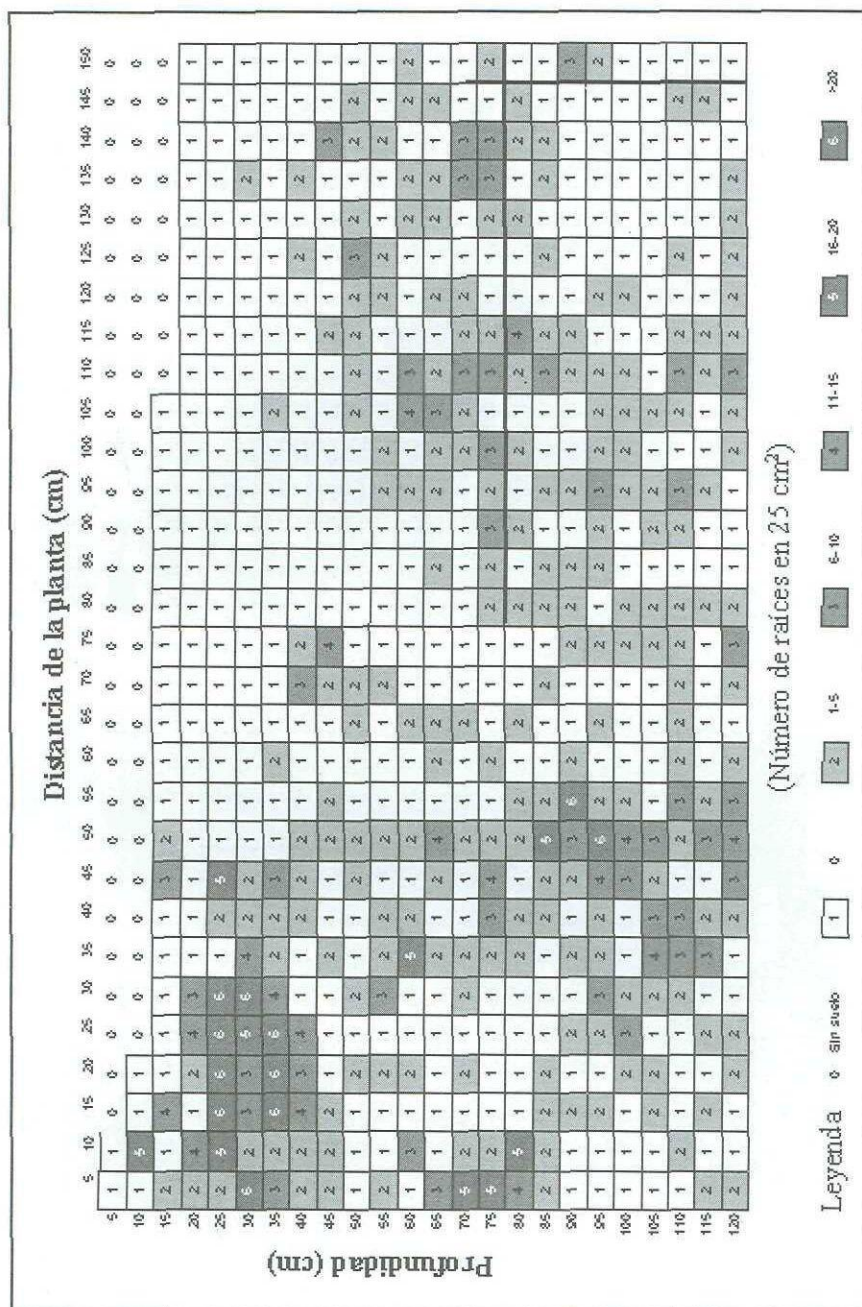


Figura 10. Distribución de raíces en el tratamiento T3.

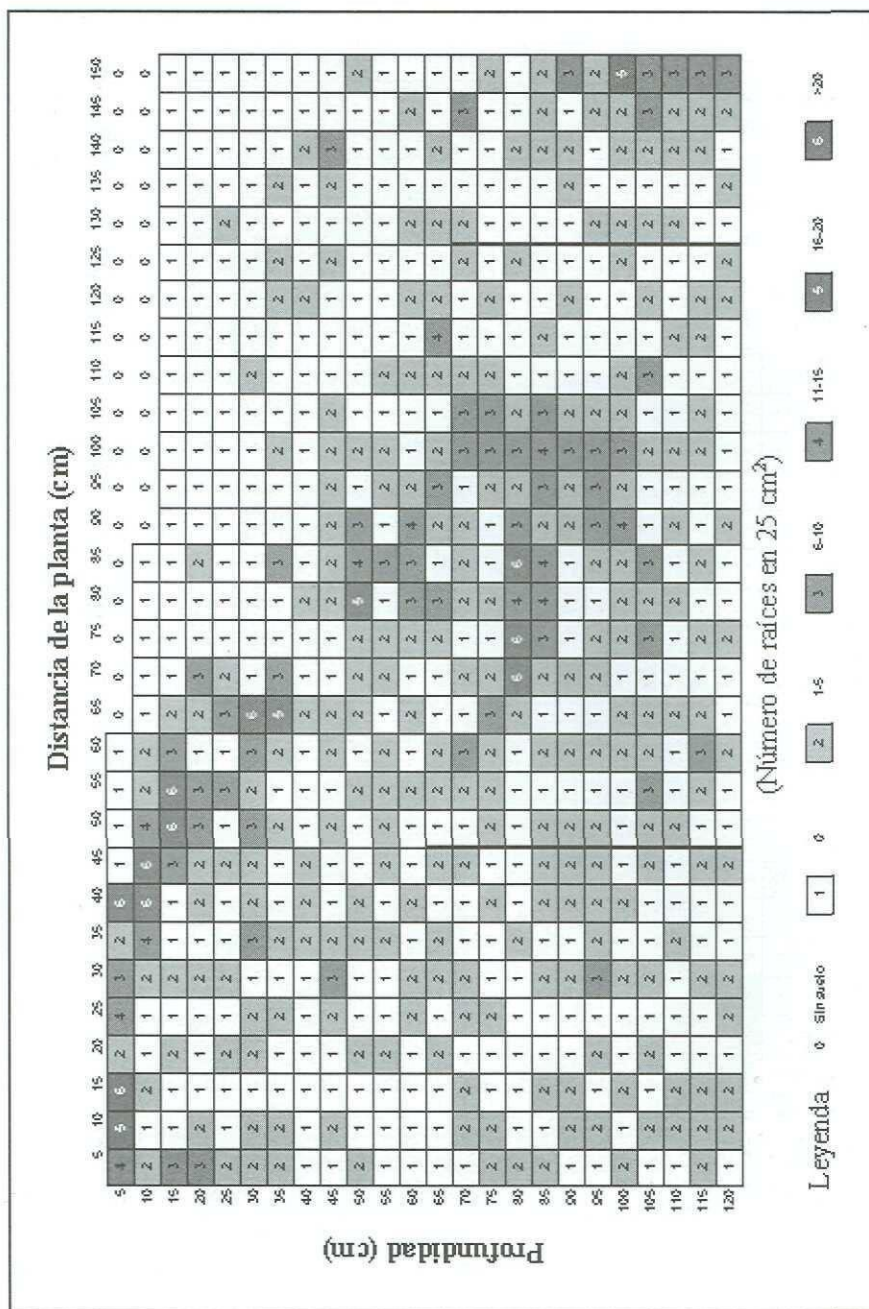


Figura 11. Distribución de raíces en el sector regado por el agricultor (suelo franco).

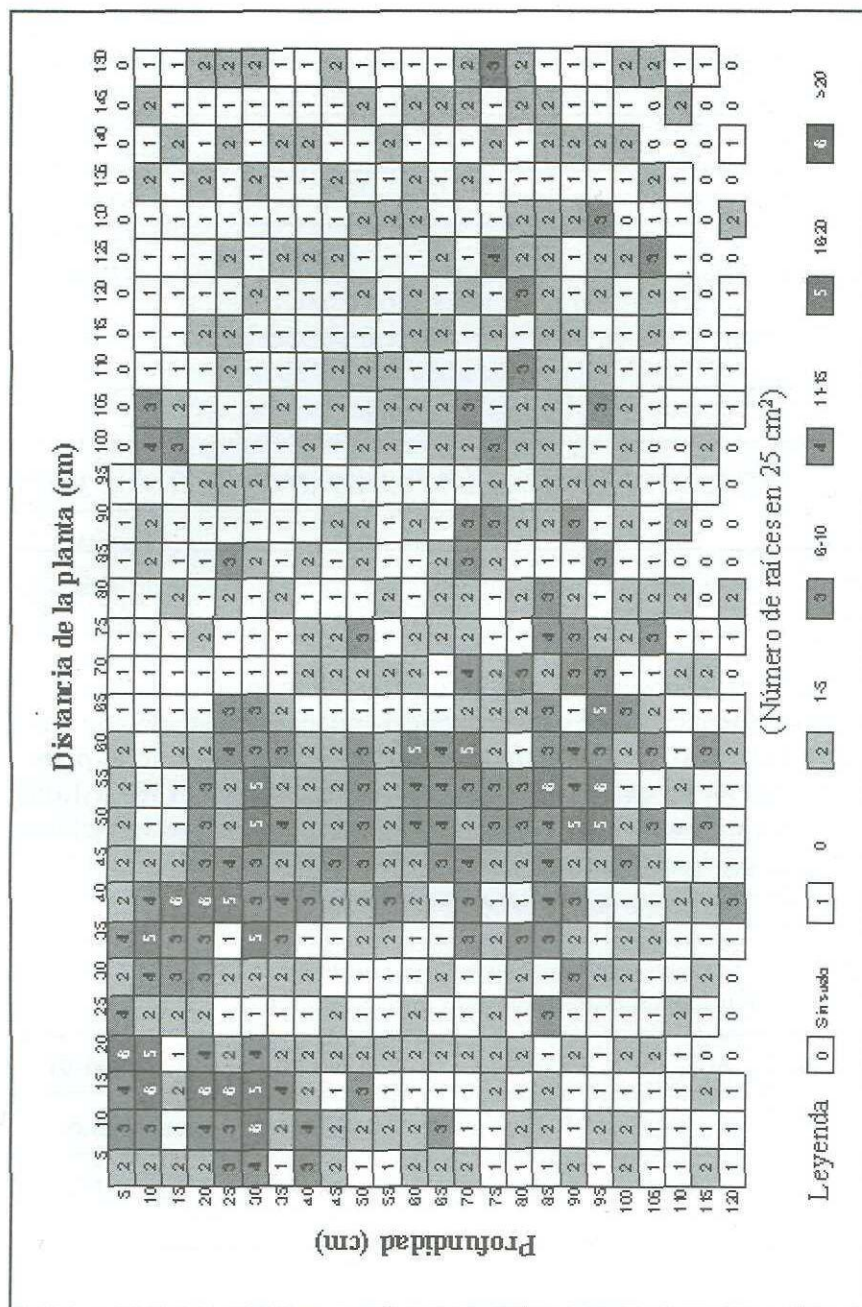


Figura 12. Distribución de raíces en el Sector regado por el agricultor (suelo arenoso).

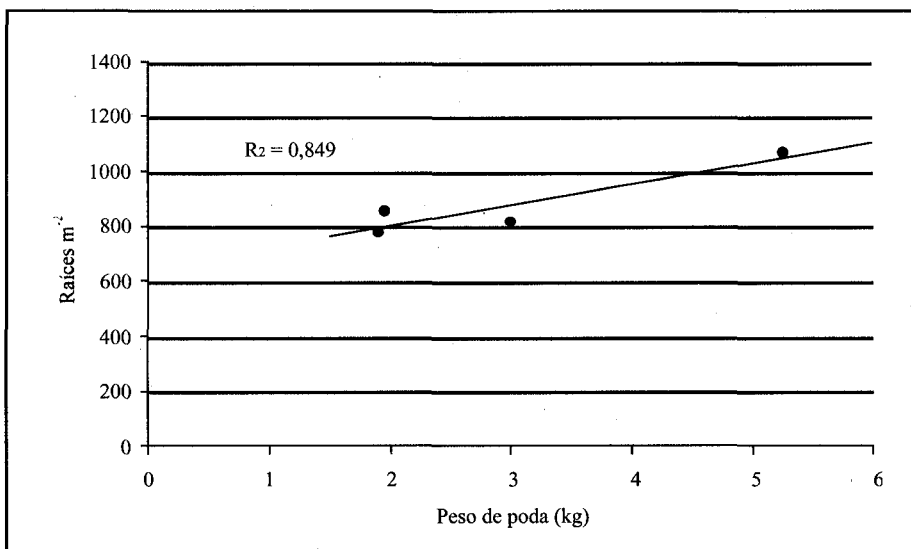


Figura 13. Correlación entre densidad radical (raíces/m²) y el peso de poda (kg).

En el Cuadro 11 se observa el diámetro de bayas promedio, donde no se registraron diferencias. Este comportamiento puede deberse a la humedad de reserva del suelo, la que permite suplir las necesidades de la planta dada la magnitud del déficit aplicado, que varió entre 680 (T3) a 1.060 (T4) m³ ha⁻¹, cantidades inferiores a las aportadas por las precipitaciones invernales en las dos últimas temporadas (Cuadro 7). Esto es concordante con el estado hídrico que presentaron las plantas (Figura 7).

Cuadro 11. Diámetro medio de bayas (mm) a cosecha

Diámetro bayas	1998/99	1999/00	2000-01
T1	16,9	16,8	15,5
T2	16,7	17,1	15,5
T3	16,2	17,3	15,9
T4	16,5	16,6	15,7

Producción

En el Cuadro 12 se presenta la producción total exportable en cada uno de los tratamientos. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. La producción en uva de mesa es sumamente variable entre plantas, dado que las condiciones de manejo que se realizan en la regulación de carga y en el arreglo de racimos pueden enmascarar el posible efecto de los tratamientos de riego, en particular cuando se trata de déficits moderados. Estos datos concuerdan con los de Williams *et al.*, 1995 que indican que cuando se disminuye el agua aplicada en un 20% no se afecta el rendimiento de la fruta embalada y sólo disminuye el peso de los granos en un 5%.

Cuadro 12. Producción (cajas de 8,2 kg/ha) en los tratamientos

Tratamiento	1998/99	1999/00	2000/01
T1	2.172	2.311	1.502
T2	1.987	2.648	2.014
T3	1.896	2.681	1.682
T4	2.317	2.321	1.049

En el Cuadro 13 se muestra el contenido de sólidos solubles (°Brix) y la acidez total (expresada como mg/L de ácido ascórbico) de los frutos cosechados en las temporadas 1998/99 y 1999/00, donde se observa que los tratamientos de riego no afectaron la madurez de los frutos.

Cuadro 13. Sólidos solubles y acidez total en la cosecha

Tratamiento	Sólidos solubles °Brix		Acidez total (g ac. ascórbico/L)	
	1998/99	1999/00	1998/99	1999/00
T1	21,4	17,5	8,40	9,73
T2	20,9	16,5	8,00	9,60
T3	21,5	16,5	7,47	10,13
T4	21,2	16,4	8,13	10,13

CONCLUSIONES

- Durante años lluviosos o con riego invernal y en suelos con alta retención de humedad se puede disminuir el agua aplicada entre brotación y pinta o pinta-cosecha en un 40% no produciendo déficit hídrico y, por lo tanto, no afectando los rendimientos.
- Reducciones del agua aplicada de un 40% entre brotación y pinta permiten una economía del 20% del agua total aplicada. Reducciones de un 40% del agua aplicada entre pinta y cosecha permiten una economía del 13% del agua aplicada total.
- Reducción de un 75% del agua aplicada posterior a cosecha, no afecta los rendimientos de la temporada siguiente, permitiendo disminuir el agua aplicada en un 15%.
- Aplicaciones excesivas de aguas en 29% afectan el desarrollo de las plantas en suelos francos del valle del Aconcagua, probablemente debido a problemas de aireación del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- BECKER, N. et ZIMMERMANN, H. 1984.** Influence de divers apports d'eau sur des vignes en pots, sur la maturation des sarments, le développement des baies et la qualité du vin. Bulletin de L'O.I.V. 57: 584-596.
- CNR – INIA. 2000.** Informe final de actividades proyecto Validación y Transferencia de Tecnologías de Riego y Sistemas Productivos en Áreas Regadas Provincia de San Felipe y Los Andes, V Región. Gobierno de Chile. pp.: 3-1 a 4-93.
- CNR – INIA – Gobierno Regional VI Región. 2000.** Primer Informe de actividades proyecto Validación y Transferencia de Tecnologías de Riego y Sistemas Productivos en Áreas Regadas Provincia de Colchagua. Gobierno de Chile. 33 pp.

- CORTÉS, C. 1995.** Caracterización de las curvas de crecimiento fenológico en vid (*Vitis vinifera*), cultivar Red Globe y aplicaciones de CPPU con diferentes densidades de bayas y volúmenes de mojamiento. Universidad Católica de Valparaíso.
- GUROVICH, L. y STEINER, V. 1987.** Riego y fertilización programados en uva de mesa regada por goteo en Chile. *Simiente* 57(4): 221-235.
- HARDIE, W. and CONSIDINE, A. 1976.** Response of grapes to water-deficit stress in particular stages of development. *American Journal of Enology and Viticulture*. 27(2): 55-61.
- IBACACHE, A. y LOBATO, A. 1995.** Períodos de crecimiento de raíces en vid. *Revista Frutícola* 16(1): 23-26.
- PEACOCK, B. and DOKOOZLIAN, N. 1997.** Irrigation strategies for Crimson Seedless. Kearney Agricultural Center, Internal Report.
- SANDOVAL, V. 1987.** Estudio histológico del meristema apical de yemas de *Vitis vinifera* cv. Sultanina durante la transición a floración en dos localidades de la IV Región. Universidad de Chile.
- SELLÉS, G. and BERGER, A. 1990.** Physiological indicators of plant water status as criteria for irrigation scheduling. *Acta Horticultrae* 278: 87-100.
- SOFFIA, P. 1994.** Caracterización del ciclo fenológico en vid (*Vitis vinifera* L.) y efecto de la aplicación de CPPU en tres épocas y una dosis sobre las características morfológicas del racimo y bayas en los cultivares Ribier y Sugraone en la comuna de Rinconada de los Andes, V Región, durante la temporada 1993/1994. Universidad Católica de Valparaíso.
- WAMPLE, R. 1997.** Grapevine irrigation: Some things to be considered. Washington State University, Irrigated Agriculture Research and Extension Center, Internal Report.

WILLIAMS, L.; DOKOOZLIAN, N. and NEJA, R. 1995(2). Response of Flame Seedless and Perlette grapevines grown in the Coachella Valley to soil water deficits at various stages of berry growth. Kearney Agricultural Center, Internal Report.

WILLIAMS, L.; GRIMES, D.; PEACOCK, W.; PHENE, C. and AYERS, J. 1995. Water use of grapevines measured by weighing lysimetry: Effect of table grape cultural. Kearney Agricultural Center, Internal Report.

WILLIAMS, L. 2000. Grapevine water relations. *In:* L.P. Christensen (ed.) Raisin Production Manual. DANR Publications, Univ. California. Oakland, CA. pp. 121-126.

WILLIAMS, L. 2000. 1^{er} Seminario Internacional de Fertirrigación. Santiago-Chile 28-29 de agosto.

YAKASOVIC, M. 1995. Caracterización del ciclo fenológico en vid (*Vitis vinifera* L.) y efecto de la aplicación de CPPU en tres épocas y una dosis sobre las características morfológicas del racimo y bayas en el cultivar Thompson Seedless en la comuna de Rinconada de los Andes, V Región, durante la temporada 1993/1994. Universidad Católica de Valparaíso.