



RIEGO

Gabriel Sellés
Raúl Ferreyra
Iván Sellés

Centro Regional de Investigación La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile

REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LA VID

La zona que ocupa la uva de mesa tiene 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 1).

Diversos autores chilenos han demostrado la dependencia que existe entre el rendimiento y calidad de la uva de mesa y el riego que se aplica a la planta. Estudios realizados por Tosso (1986) revelan que riegos más cercanos al 100% de la Evapotranspiración máxima del cultivo (ETc) produjeron un mayor crecimiento vegetativo de las plantas, aumentando la producción total, el peso de racimo y el peso de las bayas. Gurovich (1989) demostró que en las variedades Flame Seedless y Thompson Seedless disminuye la producción total y el calibre de bayas en la medida que se restringió el riego.

Otro factor que se ve afectado con el riego es el estado nutricional de la planta. Por ejemplo, Lavín (1985) determinó que los niveles de arginina en diversos órganos de vides sometidas a riego son mayores que los encontrados en plantas sin regar.

Cuadro 1. Requerimientos hídricos máximos en uva de mesa.

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

Períodos fenológicos

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 días, en la variedad Sugraone, y de 75 días para lograr el 75% del tamaño final, mientras que en la variedad Ribier estos períodos se redujeron a 70 y 55 días, respectivamente.

Este desarrollo se manifestó en un crecimiento de brotes y aparición y expansión de hojas, siendo estas últimas las responsables de la pérdida de vapor de agua a través de sus estomas y produciendo un aumento en la demanda hídrica de la planta. Coincidente con el aumento del área foliar, en

el período de crecimiento existe un aumento en la demanda evaporativa de la atmósfera por razones climáticas.

Ambos factores determinan que a lo largo del ciclo productivo las necesidades hídricas del cultivo cambien constantemente, jugando un papel importante, el componente de crecimiento y desarrollo vegetativo, ya que el desarrollo de una superficie evaporante, implica necesariamente un aumento en la evapotranspiración (entendida como la suma de la evaporación directa desde el suelo mas la transpiración de la planta).

El requerimiento hídrico del cultivo se puede calcular por la relación:

$$ETc = ET_0 * Kc \quad (1)$$

Donde: ETc es la evapotranspiración máxima del cultivo, ET₀ es la evaporación de un cultivo de re-

ferencia (una pradera de gramíneas de 10 cm de altura y sin restricciones hídricas) y K_c es el coeficiente de cultivo de la uva para un período determinado.

Existen varios métodos que permiten estimar ET_0 . Entre ellos se cuentan la bandeja de evaporación y los modelos matemáticos de variables climáticas (Pennamm - Monteith). El método más usado y simple es el método de bandeja; en éste, un coeficiente conocido como coeficiente de bandeja (K_p) permite relacionar la evaporación desde la superficie de agua libre en la bandeja y la ET_0 . Este valor de K_p varía según las condiciones de viento de la zona y la distancia de la bandeja a una superficie verde.

Los requerimientos hídricos totales dependerán, entonces, tanto de las características climáticas del lugar como de las características propias del cultivo, como, por ejemplo, el largo del período vegetativo y la fecha de cosecha. Ambos parámetros son variables de acuerdo a la localidad geográfica. En efecto, en distintas localidades, la duración del período vegetativo varía notablemente. En una misma localidad se pueden encontrar diferencias 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 Sugaone.

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 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, éste aumenta sus requerimientos relativos a la ET_0 . 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 y requerían el 60% de la ET_0 70 días después, coincidente con el rápido crecimiento de brotes y cercano al proceso de floración. 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 Sugaone, y en 78, para la variedad Ribier.

Una vez producida la floración, la cuaja marca el inicio del desarrollo del fruto. En la etapa I de crecimiento del fruto, 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 Sugaone y Ribier, encontraron que, al llegar 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 ET_c/ET_0 hasta alcanzar un valor de K_c cercano a 1 (Williams *et al.*, 1995). Esta situación se mantiene durante todo el período de maduración del fruto e incluso en postcosecha. 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 (Figuras 1 y 2).

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

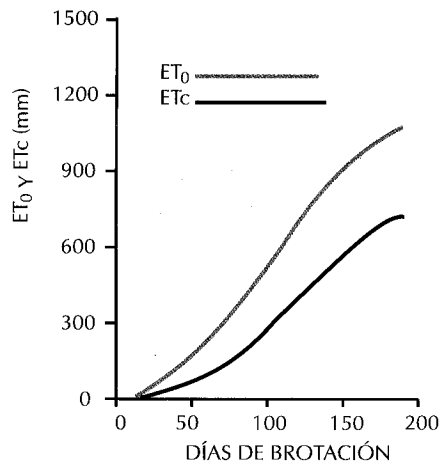


Figura 1. Evolución de la ET_0 y de la ETc , desde brotación hasta término de temporada (California).
Extractado de Williams *et al* (1995).

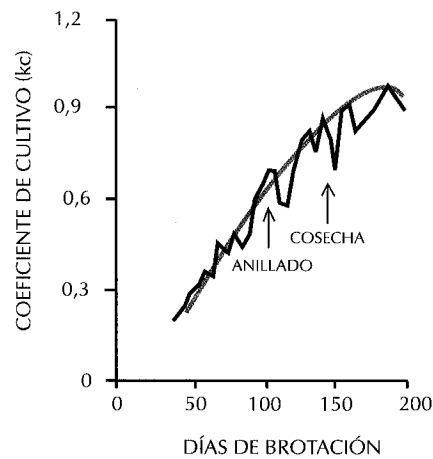


Figura 2. Evolución del coeficiente de cultivo Kc (ETc/ET_0) en el transcurso de una temporada (California).
Extractado de Williams *et al* (1995).

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.

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.

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 (ver Figura 3 de Capítulo Fenología y ciclo de crecimiento). El primero, y de mayor magnitud, comienza alrededor de 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 cosecha de 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 comenzó unas tres semanas después de la brotación, logrando su má-

ximo, casi simultáneamente con el mayor crecimiento de brotes, 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.

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).

Coefficientes de cultivo (Kc)

Como se mencionó anteriormente, la evapotranspiración de un cultivo no sólo depende de la demanda de la atmósfera, sino que es altamente dependiente del estado de desarrollo del cultivo. Es necesario entonces, contar con un factor que relacione la demanda evaporativa de la atmósfera (ET_0), y un factor que relacione esta evapotranspiración con la de la vid (ETc) a través de sus distintos períodos fenológicos. Este factor se denomina coeficiente de cultivo (Kc), y varía durante la temporada en valores que van desde 0,15 a 0,95 (Figuras 1 y 2). La evapotranspiración del cultivo (ETc) se obtiene aplicando la relación (1) antes señalada.

Seleccionar el valor Kc que debe usarse en un momento determinado es una pregunta que no resulta fácil de responder. El coeficiente Kc varía de acuerdo al estado de desarrollo de las plantas y de la variedad que se trate. Esto último, considerando la duración de los diferentes estados fenológicos que presenta cada variedad. En el Cuadro 2 (a y b), se presentan valores de Kc normalmente recomendados para ser utilizados en vides de mesa.

Cuadro 2 a. Coeficientes de cultivo para uva de mesa.

Estado fenológico	Thompson S., Red Globe	Flame S., 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: INIA

Cuadro 2 b. Coeficientes de cultivo para tres grupos de variedades.

Días desde brotación	Var. temprana	Var. de media estación	Var. 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: Gurovich.

EFFECTO DEL DÉFICIT HÍDRICO EN ETAPAS DE DESARROLLO

Cuando la tasa de absorción de agua de las plantas durante un día es inferior a la ETC 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 muy poco frecuente un déficit de humedad de suelo importante en esta etapa del desarrollo de la vid, 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 detendría o reduciría el crecimiento de brotes. También es posible que el desarrollo de flores y la viabilidad de polen y pistilos se reduzcan. Se han apreciado deficiencias tempranas de zinc y boro, como consecuencia de una inadecuada captación de estos elementos debido al déficit hídrico temprano en la temporada.

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 hí-

drico 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 el 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. Estudios no concluidos, llevados a cabo por el Centro Regional La Platina del INIA, en la provincia de San Felipe, Aconcagua, en la variedad Thompson Seedless durante dos temporadas, muestran que las plantas que han sido sometidas a estrés en este período logran un tamaño final de bayas 0,5 a 0,7 mm menor, respecto de aquellas que no fueron sometidos a ningún tipo de estrés. En este estudio se aplicaron riegos deficitarios equivalentes al 60% de la evapotranspiración máxima del cultivo (ETc).

Por otra parte, desde el punto de vista del crecimiento vegetativo, en el mismo estudio se encontró que el peso de poda en plantas bien regadas es superior en un 21%, respecto a aquellas en que sufrieron una reducción en el riego entre brotación a pinta, mientras que las plantas que recibieron el déficit de pinta a cosecha no tienen diferencias significativas con plantas bien regadas.

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). Peacock y Dokoozlian (1997) encontraron, en la variedad Crimson Seedless que la reducción del riego al 50% de la ETP, seis a diez semanas antes de cosecha, produjo un fuerte aumento del color y del contenido de azúcar de las bayas, pero no afectó el peso de éstas, el tamaño de ellas ni la producción total o comercial.

En un estudio llevado a cabo por el INIA en la provincia de San Felipe, mostró que un déficit del 40% del riego en esta etapa en la variedad Thompson Seedless, no afectó la producción, el tamaño de bayas, el peso de racimos ni el crecimiento vegetativo, además no se detectaron efectos en la madurez de la fruta.

Postcosecha

Muchas veces, este período, posterior a la descarga del parrón, es descuidado como estado de crecimiento, y se pone poca atención al riego y/o fertilización.

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

Receso invernal

Una de las mayores discusiones es si debe o no regarse 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 tardíos 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 la aireación es particularmente delicado. En suelos con escasa macroporosidad, donde riegos muy tempranos impliquen llegar a brotación con una baja aireación del suelo es preferible regar en invierno para asegurar un 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 el INIA, en Vicuña (IV Región), durante tres temporadas sobre la variedad Thompson Seedless, se probó en un grupo de parras el efecto de la supresión de riego durante el período de receso invernal, y se compararon con plantas regadas durante el invierno. En el primer grupo, el primer riego se realizó en el momento de aplicación de cianamida hidrogenada, en una fecha que fluctuó desde el 12 de junio al 19 de julio, y posteriormen-

te se regó en forma normal. 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.

REQUERIMIENTOS DE SUELO RESPECTO DEL RIEGO

La vid se adapta a un amplio rango de suelos. Se observan vides creciendo en suelos que van desde arenosos, con gran contenido de gravas, a suelos muy arcillosos, suelos muy delgados o profundos, con alta o baja fertilidad.

Pese a ser una especie poco exigente en suelos, estudios llevados a cabo por el INIA, en el valle de Aconcagua, sobre parronales decaídos prematuramente, indican que una importante causa de este fenómeno se encuentra en factores de orden edáfico -especialmente compactación y baja macroporosidad- que limitan el desarrollo radical (Figuras 3 a, b, c, d). Se ha determinado (Richards, 1983) que el contenido mínimo no limitante de macroporosidad que debe presentar un suelo para el establecimiento de un parronal es de 14%. Cuando un suelo se encuentra compactado, la principal característica que se reduce es la macroporosidad, responsable directa del comportamiento de los suelos respecto a infiltración, drenaje y aireación.

Letey (1985) propone el término Rango de Humedad No Limitante (RHNL) para definir aquellos contenidos de agua del suelo en que tanto la humedad como la resistencia mecánica y la tasa de difusión de oxígeno son apropiados para el crecimiento de la planta. Suelos con una "alta fertili-

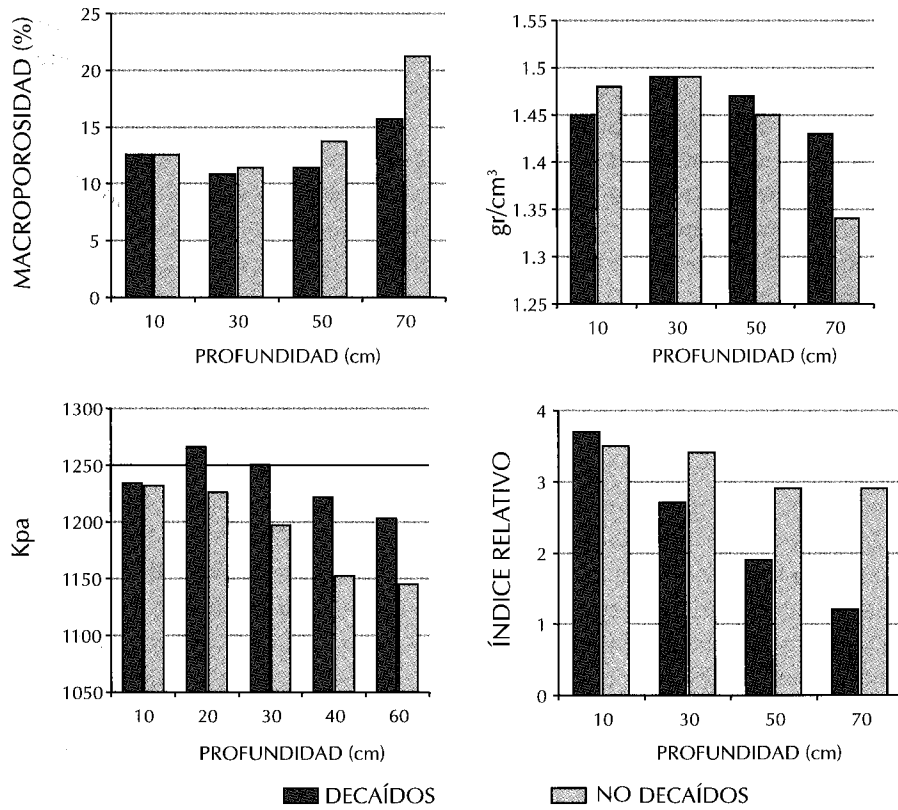


Figura 3. Efectos de la macroporosidad, densidad aparente y resistencia a la penetración del suelo y el desarrollo de raíces sobre el decaimiento del parronal. Extraído de CNR – INIA (2000).

dad física” serían aquellos que presentan un RHNL más amplio, mientras que suelos de “baja fertilidad física” serían aquellos en que el manejo del riego debe ser en extremo cuidadoso, pues presentan RHNL estrechos (Figura 4).

Estudios realizados por el autor anterior muestran que la mayor limitante al crecimiento radicular, en suelos compactados, no es la resistencia a la penetración sino el suministro de oxígeno a las raíces. Cuando el suelo presenta una baja macroporosidad, el tiempo que permanece saturado, luego de un riego, se prolonga, y en condiciones óptimas de humedad la difusión de oxígeno es pobre, es decir, una baja en la macroporosidad reduce el RHNL.

Gran parte del problema de la baja “fertilidad física” del suelo, expresado principalmente como alta densidad aparente, es debido a la pérdida de macroporosidad. En el suelo, los poros de distinto ta-

maño trabajan de manera diferente en los ciclos de llenado/vaciado de agua del suelo. Mientras que los mayores a 100 micrones, denominados

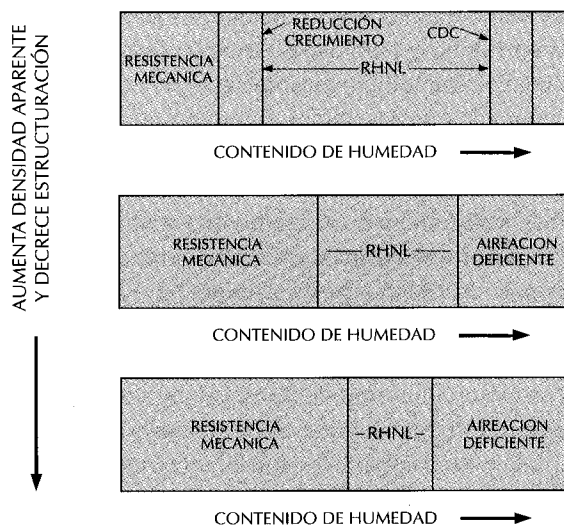


Figura 4. Esquema de comportamiento del suelo frente al Rango de Humedad no Limitante (RHNL).

macroporos, son los responsables directos del drenaje del suelo y en gran medida del intercambio gaseoso, los poros menores a 30 micrones retienen la humedad que será aprovechada por las plantas.

La macroporosidad de un suelo está dada principalmente por su estructura, y sólo puede ser mejorada a largo plazo favoreciendo la actividad biológica.

Otra de las formas que permiten asegurar un adecuado nivel de macroporosidad es la labor de subsolado, en especial en preplantación. En experiencias llevadas a cabo por INIA en el valle de Aconcagua se midieron propiedades físicas del suelo (densidad aparente, macroporosidad y resistencia a la penetración) antes de realizar un subsolado de preplantación e inmediatamente después de realizado (Cuadro 3). El subsolado fue realizado con un subsolador de 1,2 m de profundidad (rooter), tirado por un tractor Caterpillar D9. El efecto de esta labor en las propiedades físicas del suelo es notable, permitiendo aumentar la macroporosidad en las estratas más limitantes (primeros 50 cm).

El subsolado también puede realizarse después de plantación, - con menos efectividad, por la limitación que significan las plantas al realizar la labor - lográndose una cantidad de suelo removido menor. En el valle de Aconcagua se evaluó el uso de subsolado en una plantación con síntomas de decaimiento, y se encontró que el porcentaje de suelo afectado por la labor no logra superar un 25%.

El efecto del subsolado fue positivo: luego de una temporada, se observó que todos los tratamientos que fueron subsolados presentaron una mayor cantidad de raíces finas por metro cuadrado de perfil, siendo mucho más abundantes con un subsolado de dos puntas, a 70 cm de profundidad y distanciadas 2 m.

El subsolado en post-plantación también puede tener incidencia en la productividad, por el corte de raíces que implica, no obstante, algunos estudios indican que esta poda de raíces tiene un efecto benéfico en el crecimiento de nuevas raicillas.

Otro parámetro en el cual se ve reflejada la macroporosidad del suelo, es en la velocidad de infiltración. En riegos superficiales especialmente, la velocidad de infiltración juega un rol fundamental en el manejo del agua en el suelo, determinando el tiempo de riego y la eficiencia de aplicación al afectar el escurrimiento superficial.

Trabajos realizados por Muñoz y Miranda (1985) muestran que el manejo del suelo, y en especial de la cubierta vegetal, tiene una gran relevancia en la capacidad del suelo para infiltrar agua y drenar rápidamente el exceso de ésta. En San Felipe se encontró que la labor de rastraje entre hileras aumenta el tiempo de riego a 14 horas para reponer 71 mm, comparado con 9 horas en un suelo en que se controló la maleza con herbicida, y menos de cuatro horas en el tratamiento en que se controlaron las malezas de la entrehilera median-

**Cuadro 3. Efecto de subsolado en preplantación en el suelo.
Extractado de CNR – INIA (2000).**

Prof. (cm)	Antes de labor			Inmediatamente después de labor		
	Da	MP	RP	Da	MP	RP
10	1,50	12,08	1417	1,41	16,99	1.054
30	1,47	13,52	1592	1,40	18,05	1.087
50	1,50	11,70	1635	1,40	17,86	1.087
70	1,45	15,12	1515	1,42	16,89	1.005
90	1,40	17,85	1607	1,40	17,51	1.325

Da: Densidad aparente (gr/cm³).

MP: Macroporosidad (%).

RP: Resistencia a la penetración (Kpa).

te cortes (segado) y de la hilera con herbicidas. Este estudio demuestra la importancia de la actividad biológica del suelo en el mantenimiento y mejoramiento de las propiedades físicas de éste.

Un adecuado manejo del suelo implica mantener una condición estructural del suelo que facilite la provisión hídrica adecuada y favorecer el desarrollo de las raíces. Un mayor desarrollo radical implica un mayor potencial productivo, especialmente en un medio y condiciones favorables para su funcionamiento, de tal manera que una cantidad menor de raíces en un suelo con buena fertilidad química y física puedan realizar el mismo trabajo que una gran cantidad de raíces en condiciones más pobres.

Estudios preliminares realizados por INIA, en el valle del Tinguiririca, en donde se han probado distintas cubiertas (mulch), se observó que desde el punto de vista del número de raíces, cubrir el suelo con cama de pesebrera tiene un muy buen efecto, probablemente no sólo por el efecto físico en el suelo sino también por efecto del aumento de la fertilidad. Comparado con el testigo, en el que no se usó ninguna cubierta, la cama de pesebrera usada como mulch, indujo la formación de casi el doble de raíces por unidad de superficie en la variedad Red Globe, sobre todo en los primeros 50 cm de suelo. El uso de paja de trigo como mulch también favorece la formación de raíces, pero tiene un efecto más limitado en profundidad (20 cm).

Una técnica que se está probando para mejorar las condiciones del suelo respecto al desarrollo radical (y por tanto mejorar el potencial productivo) es el uso de camellones. En experiencias llevadas a cabo por el INIA, en el valle de Aconcagua, se observa que el empleo de camellones mejora el desarrollo radical; aumenta el crecimiento vegetativo; mejora las reservas de carbohidratos y fósforo y aumenta el calibre y producción del parronal. Este efecto es, posiblemente, debido a que el camellón es un suelo sin compactación y muy buena macroporosidad, por lo que presenta condiciones más favorables para el desarrollo radical.

Gran parte de las estrategias de riego tienen directa relación con las condiciones del suelo a regar. Es muy distinto el manejo del riego en suelos arcillosos, con una baja velocidad de infiltración y gran capacidad de almacenaje de agua, que el que debe llevarse a cabo en suelos ligeros y delgados.

Cuando se incluyen dos o más suelos de distintas características en una misma unidad de riego, se dificulta el manejo. Características del suelo como velocidad de infiltración, humedad aprovechable y macroporosidad, determinan las características del riego (tiempo de riego, frecuencia, caudal). Al incorporar suelos diferentes en una misma unidad de riego, se pierde la posibilidad de ajustar los factores de manejo en función de los requerimientos específicos del suelo.

Por otra parte, existen factores que deben considerarse en el manejo del riego, pero que no están relacionados directamente con la evapotranspiración, como el lavado de sales, lixiviación de nutrientes o la protección del suelo frente a la erosión. Estos factores también son dependientes del suelo, y deben, por lo tanto, ajustarse a las condiciones en que se esté operando.

El trazado final del huerto debe hacerse pensando en estas características del suelo, de manera de independizar el riego para cada tipo de suelo (Figura 5), incluso en el caso de riegos localizados. Características del suelo que influyan en el tamaño y forma del bulbo (en especial textura) pueden hacer recomendables frecuencias de riego mayores en un suelo que en otro, o incluso, un método de riego distinto, por ejemplo, doble línea de goteros o microaspersión.

Es por ello que resulta importante realizar estudios de suelo antes de iniciar la plantación e, incluso, antes de hacer el trazado de los cuarteles. Es necesario contar con el estudio agrológico que separe el campo en unidades de manejo de acuerdo a las características edafológicas del perfil, tales como textura, estructura, estratificación y profundidad.

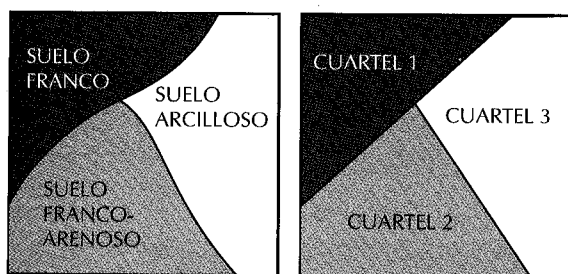


Figura 5. Ejemplo de separación de cuarteles.

MÉTODOS DE RIEGO

La agricultura es la actividad económica que, por excelencia, requiere agua para su desarrollo. El empleo del riego permite expandir el horizonte de explotación a áreas en donde las lluvias no aseguran un buen desarrollo del cultivo, pero la disponibilidad del recurso hídrico es cada vez menor, obligando a una optimización de su uso.

En Chile, de las 44.000 hectáreas de uva de mesa, 24.000 se hallan bajo riego localizado, correspondiendo al 54% del total (Román, 2000). Se concentran en la parte centro - norte del territorio, en donde el riego localizado por su característica de ahorro de agua ha permitido la incorporación de bastas zonas al cultivo.

Riegos superficiales

Los riegos superficiales (surco, el más común), todavía son largamente utilizados en los parronales de nuestro país, especialmente en la zona centro y centro - sur. Su característica principal es que el agua forma una lámina sobre el suelo, la que va infiltrando con el tiempo. Permiten aprovechar la capacidad que tiene el suelo para almacenar agua, y si el terreno tiene características topográficas adecuadas, son más baratos de implementar que el riego localizado.

Los riegos superficiales permiten mojar un volumen de suelo bastante grande, por lo que existe una mayor cantidad de suelo húmedo para ser explorado por las raíces, especialmente en forma lateral.

Presenta el inconveniente que debe saturar el suelo, por lo que la planta pasa periódicamente por asfixia radical. Esto es especialmente problemático en suelos de textura fina y poco estructurados, donde el suelo puede quedar varias semanas en condiciones de aireación desfavorable, generando una muerte de raíces que dificulta la mantención de un buen estado hídrico. Otro inconveniente es que, al no poder aplicarse con una alta frecuencia, no es factible de implementar en suelos que presenten baja capacidad de almacenaje de agua.

Otra desventaja de estos riegos es su baja eficiencia de aplicación. Dado que es inevitable el escurrimiento superficial, rara vez, incluso con el uso de sistema californiano, alcanzan eficiencias mayores al 60% (Gurovich, 1983). En lugares en que la disponibilidad de agua es baja (la cual es en prácticamente en toda la zona de cultivo de la uva de mesa), esta es una clara desventaja, respecto a los métodos de riego localizados.

El uso de riego californiano introduce una mejora, pues permite controlar de forma más precisa el caudal aplicado y acortar los surcos sin necesidad de construir acequias que entorpezcan el tránsito de la maquinaria.

Surcos más cortos permiten una mejor eficiencia y uniformidad de aplicación del agua, ya que el tiempo que transcurre entre que el agua ingresa al surco y que sale por la acequia de desagüe condiciona la uniformidad del riego, implicando un déficit de infiltración en la parte final del surco o bien una pérdida por percolación en la cabecera.

Tiempo de riego

En los métodos superficiales, el tiempo de riego tiene directa relación con la velocidad de infiltración del agua en el suelo, y con la humedad de déficit a reponer. Como ya se ha comentado, en suelos muy pesados este tiempo puede ser bastante alto (Cuadro 4).

Para precisar el tiempo de riego, es necesario conocer antes las características de infiltración del

Cuadro 4. Tiempos de riego típicos para distintos tipos de suelo, en horas.

Profundidad de riego (cm)	Textura				
	Arenosa	Franco arenosa	Franca	Franca Arcillosa	Arcillosa
30	0,2	0,7	1,8	3,8	7,2
40	0,3	1,0	2,5	5,0	9,6
50	0,4	1,2	3,1	6,3	12,0
60	0,5	1,4	3,7	7,5	14,4
70	0,6	1,7	4,3	8,8	16,8
80	0,6	1,9	4,9	10	19,2
90	0,8	2,2	5,5	11,3	21,6
100	0,9	2,4	6,2	12,5	24,0

suelo. En suelos pesados y con baja macroporosidad, este tiempo de riego puede llegar a ser de 24 horas para mojar 100 cm de suelo, mientras que en un suelo de textura arenosa sólo se requerirán 0,9 horas.

No obstante, aún habiendo determinado con exactitud la curva de infiltración para un suelo, es posible estar aplicando un tiempo incorrecto, pues la velocidad de infiltración del suelo tiende a disminuir a medida que se avanza la temporada, generalmente por la formación de una costra superficial por depósito de partículas sólidas, como arena y limos, provenientes del agua de riego, o bien por la disturbación de los agregados superficiales. Lo anterior obliga a rehacer los surcos durante la temporada de riego.

Frecuencia de riego

En el caso de los riegos superficiales, la frecuencia de riego es una función de la capacidad de almacenaje de agua que presente el suelo y de la evapotranspiración del cultivo.

En la medida que los suelos sean más delgados y livianos, y que la zona presente una alta evapotranspiración, más frecuentes deben ser los riegos. Esto acarrea problemas en la aireación del suelo, como ya se ha visto, dificulta el tránsito de maquinaria, hace al suelo más susceptible a la compactación y acelera la formación de una costra superficial que dificulta la infiltración.

Normalmente, se utiliza como criterio aplicar el riego cuando se ha agotado un 50% de la humedad aprovechable del suelo. En la variedad Thompson Seedless, Amenábar (1983), quien trabajó sobre un suelo aluvial de textura franco-arcillo-arenosa a franco-arenosa, encontró que si se regaba cuando el 50 a 60% de la humedad aprovechable del suelo era agotada, se lograba un equilibrio en el desarrollo vegetativo, una adecuada lignificación de la madera y una buena fructificación al año siguiente. No se determinó, sin embargo, si el uso de otras frecuencias acarrea problemas.

El hecho de encontrar una buena fructificación en la temporada siguiente a la aplicación de un determinado riego significa que el crecimiento vegetativo no ha sido excesivo, puesto que la inducción floral es, en gran medida, dependiente del asoleamiento directo al que se exponga la yema (Sandoval, 1987).

Es posible asociar el contenido de humedad del suelo al que se desea regar (umbral de riego) con un potencial mátrico, y observar este último a través de tensiómetros.

Para estimar la frecuencia de riego en una condición climática y de suelo en particular, se puede usar un sistema de programación de riego, basado en un balance hídrico como el que se muestra en el Cuadro 5. Se deberá regar cuando la suma de las evapotranspiraciones diarias iguale al déficit de humedad aprovechable fijado como umbral

Cuadro 5. Ejemplo de programación de riego basado en un balance hídrico.

Mes: enero
Cultivo: vid, cv. Thompson Seedless
Umbral de riego: 51,8 mm
Kp: 0,7

Día	Estado	Eb	Kc	ETc	ETc
1		8,0	0,9	5,0	5,0
2		8,0	0,9	5,0	10,1
3		8,3	0,9	5,2	15,3
4		7,0	0,9	4,4	19,7
5		8,0	0,9	5,0	24,8
6	Inicio pinta	8,3	0,95	5,5	30,3
7		8,5	0,95	5,7	35,9
8		8,6	0,95	5,7	41,7
9		8,8	0,95	5,9	47,5 Riego
10		9,0	0,95	6,0	6,0
11		9,2	0,95	6,1	12,1
12		9,0	0,95	6,0	18,1
13		8,8	0,95	5,9	23,9
14		8,3	0,9	5,2	29,2
15		7,5	0,9	4,7	33,9
16		7,5	0,9	4,7	38,6
17		6,0	0,9	3,8	42,4
18		6,8	0,9	4,3	46,7
19		6,6	0,9	4,2	50,8 Riego

de riego. El uso de un programa de riego debe entonces estar apoyado por un conocimiento de las características del suelo, sistema radical, condiciones climáticas del sitio que permitan modelar la ETO (ya sea bandeja de evaporación o microestación meteorológica) y el coeficiente de cultivo. Sin embargo, es necesario tener presente que este sistema de programación debe estar asociado al uso de sistemas de control del estado hídrico del suelo o de la planta, que permitan realizar ajustes al programa.

Riegos localizados

Los riegos localizados, cada vez más, desplazan a los superficiales por las notables ventajas que tienen los primeros sobre los segundos.

Entre las principales ventajas que presenta la implementación de riegos localizados están: aumento de la eficiencia de aplicación; mayor control sobre el tiempo y la frecuencia de riego, aplicación exacta y oportuna de fertilizantes, mayor facilidad de manejo, menor utilización de mano de obra. Además, es posible utilizarlos en suelos de alta pendiente o de topografía irregular.

Otra ventaja que presentan los riegos localizados, respecto a los superficiales, es que no dependen de la capacidad de almacenaje del suelo, por lo que es posible realizar plantaciones en suelos delgados, muy livianos. Muchas veces, sin embargo, en suelos de texturas gruesas o muy pedregosos no se logra formar un bulbo de tamaño adecuado, que permita un desarrollo radicular extenso. La capacidad del sistema radical de proporcionar un suministro hídrico adecuado a la planta se relaciona con el volumen de suelo que presente condiciones para el desarrollo de raíces y del contenido de humedad de este volumen. Estudios preliminares hechos por el INIA, en el valle del Tinguiririca, sobre suelos de textura franco-arenosa fina con gran pedregosidad, donde es difícil lograr un bulbo húmedo amplio, señalan que la implementación de una doble línea de goteo tiene un efecto favorable sobre el desarrollo radical, lográndose un bulbo de mayor tamaño y de humedad más uniforme. También se ha observado que el uso de doble línea de goteo, tanto en la variedad Thompson Seedless como Red Globe ha logrado incrementar el porcentaje de bayas de mayor diámetro por sobre el uso de goteo simple.

Resultados similares se han obtenido en el valle de Aconcagua, en suelos franco - arcillosos, donde el tamaño de bulbo húmedo aumentó al usar doble línea de goteo (Figura 6). Esto significó un mayor número de raíces por metro cuadrado de perfil de suelo, en comparación con el uso de una línea (Figura 7).

El uso de microaspersores es otra alternativa para lograr un bulbo de mejores características de uniformidad de humedad y mayor tamaño, mejor incluso que la doble línea de goteo (Figura 6), habilitando un mayor volumen de suelo para ser explo-

1 lateral gotero de 4 l/h a 1 m.

Prof.	Distancia desde eje de planta				
	20	40	60	80	100
20	20,5	17,4	13,0	7,7	6,3
40	20,4	18,3	16,2	9,8	9,2
60	20,2	19,2	16,6	11,0	9,8
80	19,8	18,1	15,5	11,2	10,3
100	20,5	18,9	16,0	12,1	10,3

2 laterales gotero de 8 l/h a 2 m. (Alternado)

Prof.	Distancia desde eje de planta				
	20	40	60	80	100
20	16,3	15,0	12,7	8,7	6,8
40	18,0	17,8	16,3	13,0	9,4
60	17,8	17,7	15,4	12,2	9,8
80	17,3	16,8	16,1	12,8	11,3
100	14,2	14,4	13,8	11,4	9,7

2 laterales gotero de 4 l/h a 1 m. (Alternado)

Prof.	Distancia desde eje de planta				
	20	40	60	80	100
20	20,5	17,8	13,5	12,3	12,4
40	20,6	20,1	16,3	15,5	14,1
60	22,0	22,2	18,7	16,2	15,1
80	23,0	22,3	20,1	18,1	15,7
100	22,3	22,6	18,8	17,8	15,9

2 laterales gotero de 2 l/h a 1 m.

Prof.	Distancia desde eje de planta				
	20	40	60	80	100
20	21,4	19,7	15,0	10,5	8,6
40	20,3	22,9	17,7	14,1	11,9
60	21,2	20,9	18,3	14,2	14,8
80	22,4	21,5	18,0	15,1	12,8
100	21,0	22,4	18,4	17,4	13,0

Microaspersor

Prof.	Distancia desde eje de planta				
	20	40	60	80	100
20	20,3	21,6	17,1	15,3	17,8
40	20,8	20,9	16,0	14,5	16,9
60	21,4	19,1	15,4	14,3	16,6
80	21,6	19,8	16,8	15,6	16,6
100	18,5	16,5	15,3	14,5	14,8

Figura 6. Perfiles de humedad para distintos métodos y tipos de riego localizado. Extractado de CNR- INIA (2000).

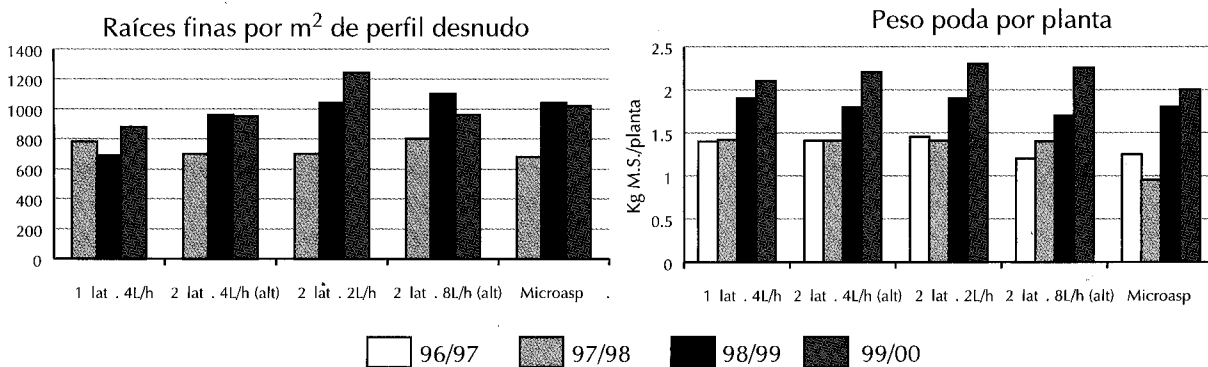


Figura 7. Efecto del método de riego sobre el crecimiento de raíces y parte aérea. Los tratamientos aplicados fueron: una lateral, con goteros de 4 L/h; Dos laterales, con goteros de 4 L/h y usadas alternadamente; Dos laterales, con emisores de 2 L/h y usadas simultáneamente; Dos laterales, con emisores de 8 L/h con uso alternado y microaspersión. Extractado de CNR – INIA (2000).

rado por las raíces. Estudios preliminares realizados por el INIA, en los suelos de la cuenca del Tinguiririca, ya mencionados, se comparó el uso de riego por goteo simple, a doble hilera y riego por microaspersión, y se encontró que el uso de esta última aumenta el número de raíces finas en el perfil, especialmente en los primeros 20 cm del suelo.

Steven y Douglas (1994) reportan que con el uso de microaspersión, la densidad radical decrece en profundidad, mientras que en goteo esta disminución de raíces se observa tanto en el eje vertical como el horizontal. Asimismo, la gran variabilidad del contenido de sales en el riego por goteo introduce una dificultad extra en la programación del riego.

En el valle de Aconcagua, se encontró que el uso de microaspersores aumenta el tamaño del bulbo y mejora la distribución de humedad dentro de este (Figura 6), sin embargo, el número de raíces fue menor que bajo el régimen de doble línea de góteros. Esto estaría asociado a aplicaciones excesivas de agua. El uso de una carga de agua que doblaba la demanda evapotranspirativa (aplicada por medio de microaspersión) redundó en un aumento exagerado de la humedad bajo los 40 cm de suelo, y en una reducción de la cantidad de raíces, especialmente en profundidad (Figura 7), lo que afectó el peso de poda y la producción de frutos. Lo anterior estaría demostrando la importancia de mantener un adecuado equilibrio agua/aire en el suelo, especialmente en suelos de textura fina.

FRECUENCIA DE RIEGO

Actualmente, muchos parrones regados por goteo o microaspersión usan una alta frecuencia, incluso con riegos diarios. Este tipo de riego puede ser adecuado para suelos de textura gruesa y con baja capacidad de retención de humedad, sin embargo, en algunos tipos de suelo, especialmente en aquellos que presentan una baja macroporosidad, el empleo de riegos muy frecuentes puede significar problemas desde el punto de vista de la aireación.

También se ha visto que en este tipo de suelos la aplicación de riegos muy frecuentes produce bulbos más pequeños, ya que el agua no penetra en el perfil, reduciendo la humedad total disponible para la planta. En un estudio llevado a cabo por el INIA, también en el valle de Aconcagua, y en un suelo de textura franco - arcillosa, se probaron tres frecuencias de riego distintas, regando cuando la evapotranspiración acumulada equivalía a 6 horas (9,3 mm), 12 horas (18,6 mm) y 18 horas (27,9 mm). En la época de mayor evapotranspiración (enero), esto significó que, en el primer caso, se regaba en forma diaria, cada dos días, en el segundo caso, y cada tres días, en el último.

Los primeros resultados de este ensayo indican que cuando se disminuye la frecuencia de riego y se

aumenta la carga de agua, se logra formar un bulbo de humedad de mayor tamaño (Figura 8), aumentan las raíces en el perfil, el crecimiento vegetativo medido como peso de poda y el tamaño de bayas a cosecha (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de distintas frecuencias de riego sobre vid, cv. Thompson Seedless

	Raíces/m ²	Peso poda (kg M.S./planta)	Diámetro bayas (mm)
Riego de 6 horas	556,15 a	1,71 a	15,96 a
Riego de 12 horas	500,73 a	1,75 a	16,21 a
Riego de 18 horas	699,17 b	1,97 b	16,87 b

Letras distintas indican diferencia significativa LSD 95%.

También se observó que las plantas que tuvieron una menor frecuencia de riego mantenían potenciales hídricos xilemáticos a medio día más altos, incluso antes del riego, probablemente por efecto de la mayor amplitud del bulbo húmedo.

CONTROL DEL RIEGO

Así como los programas fitosanitarios se apoyan en el monitoreo de plagas, o en los programas de fertilización se realizan análisis foliares y de suelo, el programa de riego también debe ser controlado, para poder ajustar el riego a las necesidades específicas del cultivo.

El balance que se realiza a través de un registro de evapotranspiración no asegura que se esté cumpliendo en la realidad. Es posible que se esté subestimando o sobrestimando la evaporación del cultivo, o que la velocidad de infiltración de agua al suelo haya sufrido variaciones, debido a depósitos superficiales o compactación, o que por algún otro motivo no se esté regando con la cantidad correcta (por ejemplo, obturación de emisores en riego localizado). Debido a esto, es necesario contar con mecanismos de control del riego.

PLANTA

RIEGO FRECUENCIA 9,3 mm

Prof.	100 80	80 60	60 40	40 20	20 0	0 20	20 40	40 60	60 80	80 100
0 - 20		10	16	19	21	22	18	14	12	15
20 - 40	10	13	17	22	23	23	19	16	14	12
40 - 60	11	14	18	16	23	23	22	17	14	14
60 - 80	11	13	17	19	22	22	22	17	15	13
80 - 100	10	11	14	16	18	18	18	14	13	12
100 - 120										

RIEGO FRECUENCIA 18,6 mm

Prof.	100 80	80 60	60 40	40 20	20 0	0 20	20 40	40 60	60 80	80 100
0 - 20		12	17	20	22	22	19	16	14	
20 - 40	10	13	17	20	21	21	20	17	13	12
40 - 60	12	13	18	21	22	22	21	19	15	13
60 - 80	12	14	17	20	22	21	20	16	15	12
80 - 100	10	12	13	16	15	16	15	12	11	11
100 - 120										

RIEGO FRECUENCIA 27,9 mm

Prof.	100 80	80 60	60 40	40 20	20 0	0 20	20 40	40 60	60 80	80 100	100 120
0 - 20	13	15	16	20	22	21	21	17	12	11	11
20 - 40	15	15	19	21	23	21	20	17	14	14	13
40 - 60	16	16	21	22	23	22	21	18	16	14	14
60 - 80	15	16	18	20	20	21	20	17	14	14	11
80 - 100	14	14	15	17	18	19	19	17	16	14	14

Figura 8. Bulbos de humedad (%) para distintas frecuencia de riego al usar riego por goteo.

Los métodos de control que se utilizan en riego son fundamentalmente de dos tipos: al suelo o a la planta. Aunque estos métodos pueden usarse aisladamente, existen factores que distorsionan la interpretación o la lectura, por lo que es siempre recomendable apoyarse en más de uno.

Uso de barrenos y calicatas

Entre los métodos de control al suelo, el más sencillo es el control sensorial del perfil, por medio de calicatas o barrenos. Consiste en tomar muestras de suelo a distintas profundidades y observar el contenido aparente de humedad. Este método es de muy fácil aplicación, pero requiere cierta experiencia.

El uso de calicatas es siempre recomendable, pues permite una visualización más completa de la humedad del suelo, y además permite observar el estado general del suelo y del desarrollo de raíces, para comprobar la calidad del riego que se está utilizando.

Las calicatas deben ser anchas y profundas, de tal manera que se pueda apreciar todo el sistema radical de las plantas.

Tensiómetros

Este método se basa en la observación del potencial mátrico que presenta el agua en el suelo, que se puede medir por medio de tensiómetros (Figura 9). Este aparato registra, en un manómetro de vacío, la tensión a la que se encuentra el suelo alrededor de él. Normalmente se usan baterías de dos tensiómetros, uno superficial, en la zona de mayor concentración radical que permite visualizar la disponibilidad de agua para el cultivo, y otro más profundo para controlar la profundidad del riego.

Existen otros instrumentos (watermark y bloques de yeso) que tienen la misma función, y que han sido calibrados para obtener lecturas en las mismas unidades que los tensiómetros de vacío. Los valores típicos de los tensiómetros y su significado agronómico se muestra en el Cuadro 7.

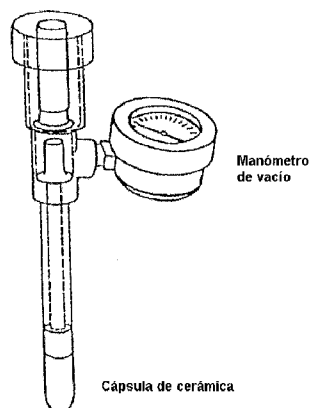


Figura 9. Tensiómetro con manómetro de vacío.

Cuadro 7. Lectura de tensiómetros y su significado agronómico

Lectura en KPa	Estado del suelo
0-10	Suelo saturado
10-25	Suelo adecuadamente mojado en riego localizado
25-60	Rango usual en riego superficial
60-100	Rango seco
100-200	Rango muy seco

Peacock y Dokoozlian (1997), controlando el potencial del suelo a 45 cm de profundidad bajo el emisor (dos goteros de 4 L/h por planta), han encontrado que, en plantas sin estrés, este valor bordea los -15 a -20 KPa. En la misma experiencia, en plantas que se regaron con un 50% de ETC, mostraron síntomas de estrés cuando este potencial llegó a los -60 KPa.

Este método debe ser utilizado con cuidado en riego localizado (goteo, microaspersión) por la forma en que se distribuye la humedad (Figuras 6 y 7). Al formarse un bulbo, el contenido de humedad en el suelo varía no sólo en función de la profundidad como en el riego superficial, sino también por la distancia del emisor. De esta manera, un tensiómetro marcará valores bajos aún cuando el riego sea deficitario si está ubicado muy cerca

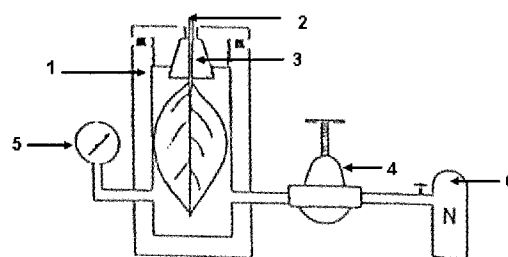
del emisor, o bien valores muy altos, incluso, cuando hay peligro de asfixia radical si está fuera del bulbo húmedo.

Para ubicar los tensiómetros es importante realizar calicatas y estudiar la distribución del bulbo y las raíces, pues es necesario que la lectura del instrumento refleje lo más fielmente posible la situación de la planta.

Los métodos basados en parámetros obtenidos de las plantas tienen la ventaja de que integran el contenido de humedad de toda la zona radical, pero requieren de instrumentos especiales y una interpretación más cuidadosa.

Potencial hídrico xilemático

El agua en la planta se encuentra bajo tensión, y ésta aumenta en la medida que aumenta la demanda evaporativa de la atmósfera y la disponibilidad de agua en el suelo disminuye. La tensión xilemática se puede medir por medio de una cámara de presión o bomba Scholander (Figura 10). Para ello se cortan hojas, se colocan dentro de la cámara y se aplica una presión equivalente a la tensión a que se encuentra el agua en el xilema. La savia xilemática aparece entonces por el peciolo, y se registra el valor que marca el manómetro.



1. Cámara de acceso
2. Peciolo de la hoja a medir presión
3. Tapón de goma
4. Llave de paso reguladora de presión
5. Manómetro
6. Balón de nitrógeno a presión

Figura 10. Esquema de bomba de presión tipo Scholander.

Durante el día, la tensión de la savia aumenta como consecuencia del aumento en la demanda evaporativa de la atmósfera, llegando a su punto mínimo cerca del medio día y a su valor más alto antes de amanecer, cuando no hay evaporación (Figura 11).

Felmer y Ortiz (1997) han encontrado que al medirse el potencial xilemático antes del amanecer no se refleja el estrés de la planta, pero cuando el potencial llega a su mínimo valor diario (en el momento de mayor déficit de vapor de agua en la atmósfera, cercano a mediodía), plantas bien regadas bordea los $-0,9$ MPa, mientras plantas que recibieron el 50% de la ETC máxima del cultivo presentaban valores de $-1,0$ MPa, y plantas regadas con el 25% de la ETC presentaron valores de $-1,2$ MPa.

En experiencias llevadas a cabo por el INIA en la zona de Aconcagua, V Región, con la variedad Thompson Seedless se ha encontrado que en plantas bien regadas el potencial xilemático observado a medio día es del orden de los $-0,6$ MPa, mientras que las plantas sometidas a un riego del 60% de la ETC máxima registraban potenciales de $-0,8$ a $-1,0$ MPa. No obstante, Williams *et al.* (1995) postulan que la planta no está verdaderamente estresada hasta alcanzar potenciales de $-1,1$ MPa.

Hardie y Considine (1976) reportan que los síntomas de estrés (marchitamiento de hojas jóvenes y pámpanos) aparecen en las plantas en aquellos

días en que el potencial xilemático tomado en la madrugada llega a $-0,4$ MPa. Estos mismos autores señalan que el rendimiento fotosintético de la vid se ve comprometido cuando el potencial xilemático llega a los $-0,5$ MPa, y es completamente detenido por el cierre estomático cuando llega a los $-1,2$ MPa.

Fitomonitores

Los avances en la electrónica han permitido desarrollar la lectura de una serie de sucesos capaces de reportar permanentemente el comportamiento hídrico de las plantas. Entre ellos destacan los captadores de desplazamiento lineal o dendrómetros (Figura 12), que permiten medir el crecimiento diario de los órganos de una planta y los medidores de flujo de savia que miden la velocidad de circulación del agua en el xilema.

Captadores de desplazamiento lineal. En los órganos de una planta se presentan dos tipos de crecimiento a escala diaria: uno irreversible, dado por el crecimiento y división celular, y uno reversible producto de la acumulación o pérdida de agua en los tejidos elásticos. Los captadores de desplazamiento lineal permiten cuantificar estas variaciones de diámetro y registrarlas permanentemente. El órgano que más se utiliza para este tipo de mediciones es el tronco, ya que integra todo el régimen hídrico de la planta (Figura 13).

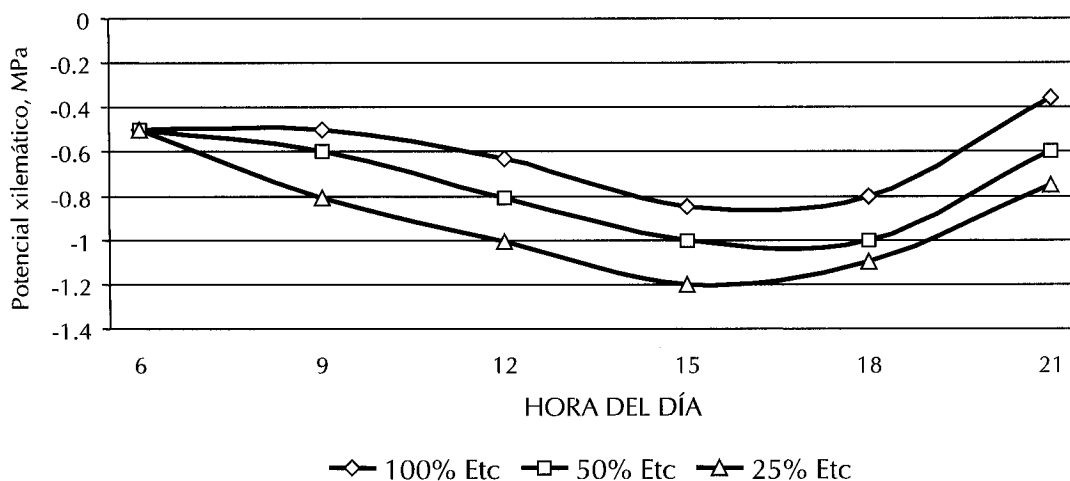


Figura 11. Evolución del potencial xilemático durante el día. Extractado de Felmer y Ortiz (1997).

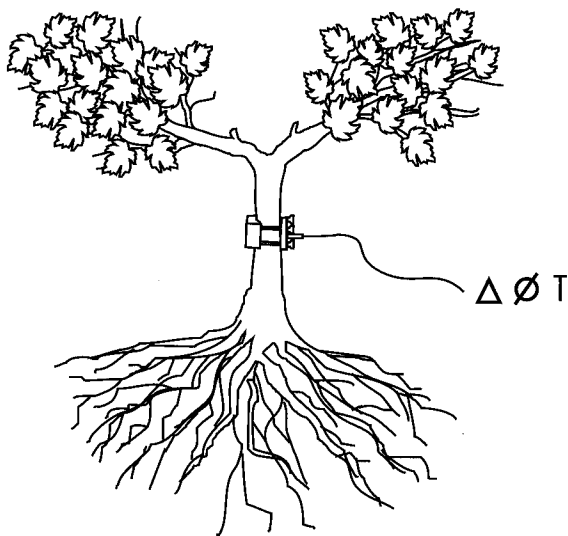


Figura 12. Esquema de un captor de desplazamiento lineal.

Durante parte del día, el consumo de agua supera a la absorción que pueden efectuar las raíces desde el suelo, ocupándose agua de los tejidos que componen el tronco y disminuyendo el diámetro de éste. En la noche, al cerrarse los estomas, la situación se invierte y el tronco aumenta su diámetro hasta que la evaporación desde las hojas nuevamente supera la tasa de entrada de agua desde el suelo. Por lo tanto, diariamente existirá una contracción, y su magnitud está relacionada con el estado hídrico de la planta. A mayor déficit de humedad, se produce mayor contracción diaria.

Estudios realizados por el INIA, en la provincia de San Felipe, se encontró que en plantas bien regadas esta contracción no supera los 1,5 mm, incluso en días con evaporaciones de bandeja de 6,5 mm, mientras que en plantas regadas con el 60% de la ETc la contracción es de 2 a 2,5 mm, salvo los días con evaporación de bandeja especialmente baja (Figura 13).

Medidores de flujo de savia (TDP). Los medidores de flujo de savia (Figura 14), registran el enfriamiento de una termocupla calentada con una resistencia, respecto a otra termocupla que no es calentada, ambas expuestas al flujo de savia en el tronco. Por medio de ecuaciones de flujo, es posible saber la velocidad que tiene la savia en el tronco, y si se conoce la sección transversal del flujo, es posible conocer el flujo de savia desde el tronco y raíces hacia las hojas.

Se ha visto que el flujo de savia durante el día varía en forma proporcional a la radiación solar, reflejando el flujo que ocurre desde las raíces hasta perderse como vapor por los estomas (Figura 15).

Al disminuir la disponibilidad de agua en el suelo, la planta sufrirá un deterioro en su condición hídrica, la que finalmente producirá el cierre parcial o total de los estomas. Este cierre estomático tiene por finalidad reducir la evaporación de agua desde las hojas, y por lo tanto, debe observarse una disminución en el flujo de savia. Conociendo

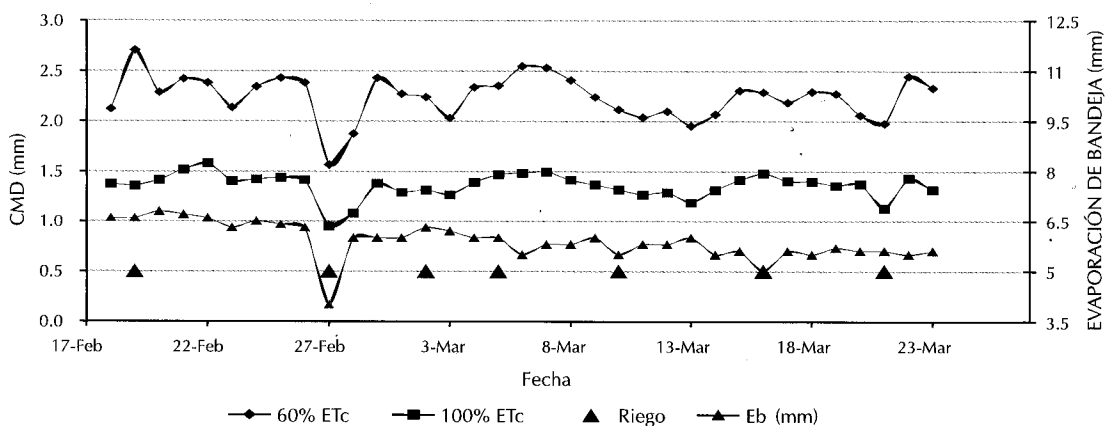


Figura 13. Contracción máxima diaria del tronco en distintos regímenes de humedad. Extractado de FIA - INIA (2000).

BIBLIOGRAFÍA

Amenábar, P. 1983. Efecto de la época de suspensión del riego sobre el desarrollo de la vid (*Vitis vinifera* L.) cv. Sultanina, conducida en parronal. Universidad de Chile.

Becker, N. y 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 Areas Regadas Provincia de San Felipe y Los Andes, V Región. Gobierno de Chile. p: 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 Areas Regadas Provincia de Colchagua. Gobierno de Chile. 33 p.

Cortés, C. 1995. Caracterización de las curvas de crecimiento fenológico en vid (*Vitis vinifera* L.), cultivar Red Globe y aplicaciones de CPPU con diferentes densidades de bayas y volúmenes de mojamiento. Universidad Católica de Valparaíso.

Felmer, S. y Ortiz, A. 1997. Respuesta de la vid (*Vitis vinifera* L) cv. Sultanina a diferentes regímenes de agua y fertilización. Universidad Mayor.

FIA - INIA. 2000. Informe Técnico NY 5 proyecto "Riego deficitario controlado como estrategia para enfrentar las situaciones de escasez de agua" Cod. V977 - A - 0 - A- 005. Gobierno de Chile. 37 p.

Gurovich, L. 1983. Modernos enfoques en el riego superficial de huertos y parronales. Aconex 5: 37-43.

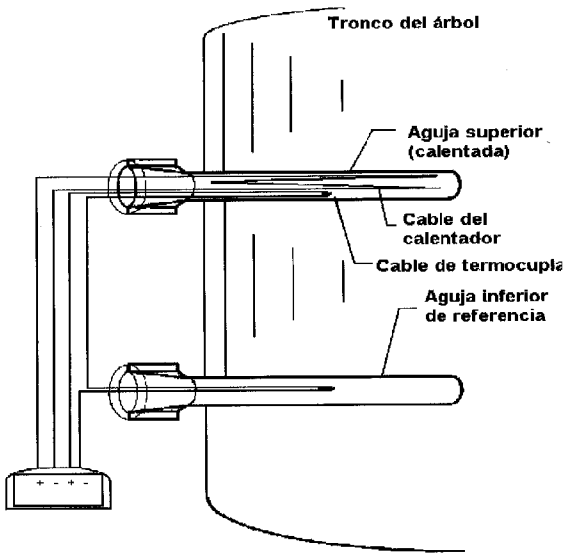


Figura 14. Esquema de un sensor TDP.

los valores normales para la planta, con este instrumento se podría detectar cuando el valor del flujo de savia es reducido producto de una mala condición hídrica y corregir el manejo del riego.

Este instrumento aún está en una etapa experimental, por lo que aún es difícil encontrar valores de referencia para la vid.

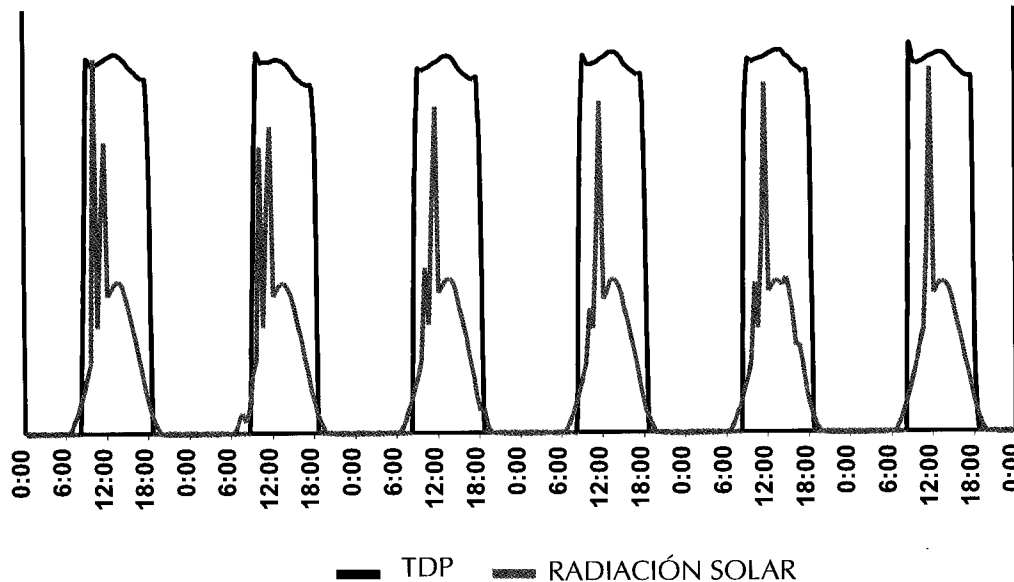


Figura 15. variación de lecturas sensor TDP y radiación solar a lo largo del día.

- Gurovich, L. 1989. Sequía: Nos preparamos para enfreñarla. Norte Agrofrutícola 17-22.
- Gurovich, L. y Steiner, V. 1987. Riego y fertilización programados en uva de mesa regada por goteo en Chile. Simiente 57 (4): 221 – 235.
- Honorato, R.; Silva, H. y Bonomelli, C. 1990. Productividad de parronales de la Región Metropolitana y sus relaciones edáficas. Ciencia e Investigación Agraria 17 (3): 133-143.
- 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. Periodos de crecimiento de raíces en vid. Revista Frutícola 16 (1): 23-26
- INE Chile. 1997. VI Censo Nacional Agropecuario (Resultados Preliminares). Edit. Universitaria, Chile (impresores).
- Lavín, A. 1985. Riego por goteo sobre dos tipos de viñedos cv. País, en el secano interior de Cauquenes. IV. Efectos sobre el contenido de arginina en diferentes órganos de las plantas. Agricultura Técnica (Chile) 45 (3): 211-216.
- Letey, J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. Advances in Soil Sciences 1: 227-294.
- Muñoz, I. y Miranda, O. 1985. Manejo de suelo y velocidad de infiltración del agua de riego en un parronal cv. Sultanina. IPA La Platina 29: 23-25.
- Peacock, B. and Dokoozlian, N. 1997. Irrigation strategies for Crimson Seedless. Kearney Agricultural Center, Internal Report.
- Novoa, R. y Villaseca, C. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. Santiago, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 221 p. (1 vol con 14 mapas).
- Pszczolcowski, P. 1995. Efectos y sintomatología visual asociada a asfixia radical en vides cv. Sauvignon. Revista Frutícola 16 (1): 11-15.
- Román, S. 2000. Fertilizantes solubles y fertirriego en los frutales estratégicos en Chile. 1er Seminario Internacional de Ferti-riego. Santiago, Chile.
- Richards, D. 1983. The grape root system (Anatomy and morphology, interactions of soil physical properties). Hortic. Rev. Westport, Conn. 5: 127-168.
- Sandoval, V. 1987. Estudio histológico del meristema apical de yemas de *Vitis vinifera* L. cv. Sultanina durante la transición a floración en dos localidades de la IV Región. Universidad de Chile.
- Soffia, P. 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 los cultivares Ribier y Sugraone en la comuna de Rinconada de los Andes, V Región, durante la temporada 1993-1994. Universidad Católica de Valparaíso.
- Steven, R. and Douglas, T. 1994. Distribution of grapevines roots and salt under drip and full-ground cover microjet irrigation systems. Irrigation Science 15: 147-152.
- Tosso, J y Torres, J. 1986. Relaciones hídricas de la vid, bajo diferentes niveles de riego, usando goteo, aspersion y surcos. I. Efecto sobre el crecimiento vegetativo y la producción. Agricultura Técnica (Chile) 46 (3): 283-289.
- 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. 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.
- Yakovic, 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.