



UNIVERSIDAD DE LA SERENA  
Facultad de Ciencias  
Escuela de Agronomía

**Caracterización del potencial hídrico xilemático en vid  
de mesa (*Vitis vinifera L.*) cultivar Thompson Seedless,  
bajo diferentes niveles de reposición hídrica en la  
Provincia de Limarí, Chile.**

Seminario de Título para optar al Título de de Ingeniero Agrónomo y al Grado  
Académico de Licenciado en Agronomía.

Profesor Guía: Pablo Álvarez L. Ing. Agrónomo.

ALVARO AINSA Q.

2009

## INDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUCCION	8
1.1 Estrés hídrico	9
1.2 Efecto del déficit hídrico en cultivos agrícolas	10
1.3 Efecto del déficit hídrico sobre el desarrollo vegetativo de la vid	11
1.4 Efecto del déficit hídrico sobre el desarrollo del fruto	12
1.5 Técnicas de riego deficitario (RDC y RPR)	13
1.6 Potencial hídrico xilemático	15
1.7 Determinación del potencial hídrico xilemático	16
1.8 La cámara de presión	17
1.9 Sondas capacitativas o FDR	18
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
3. METODOLOGIA	21
3.1 Localización y descripción del lugar de estudio	21
3.2 Diseño Experimental	22
3.3 Variables y parámetros	25
3.3.1 Contenido de humedad del suelo	25
3.3.2 Demanda atmosférica	26
3.3.3 Potencial hídrico xilemático	27
3.4 Procesamiento de datos	28
4. RESULTADOS Y DISCUSION	29
4.1 Efecto de la restricción sobre el potencial hídrico xilemático y la producción	29
4.2 Evolución del contenido de humedad del suelo	37
4.2.1 Agua aplicada vía riego	37
4.2.2 Agua en el suelo	40
5. CONCLUSION	45
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	47
ANEXO	53

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Control de la reposición hídrica en los tratamientos	24
Cuadro 2.	Efecto de los tratamientos de restricción hídrica sobre el rendimiento y sus componentes	34
Cuadro 3.	Caudales reales y coeficiente de uniformidad en la localidad de El Palqui	37

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Riego parcial de raíces	14
Figura2. Disposición espacial de los tratamientos	23
Figura 3. Ubicación de tubos para medir humedad de suelo	25
Figura 4. Evolución del potencial hídrico al medio día, durante la temporada 2007/08. El Palqui	29
Figura 5. Evolución mensual de la demanda atmosférica durante el periodo de estudio	32
Figura 6. Evolución del sombreadamiento, El Palqui 2007/08	34
Figura 7. Rendimiento por planta y volúmenes de agua aplicados, localidad El Palqui, Temporada 2007/08	36
Figura 8. Curvas de riego acumulado y evapotranspiración potencial acumulada ( $ET_0$ )	38
Figura 9. Relación entre demanda atmosférica y volúmenes aplicados según tratamiento	38
Figura 10. Distribución del agua aplicada según fenología, localidad El Palqui 2006/08	39
Figura 11. Variación humedad de suelo en todos los tratamientos, cada 10 cm de profundidad.	41
Figura 12. Variación del contenido de humedad del suelo en T1	42
Figura 13. Variación del contenido de humedad del suelo en T3	43
Figura 14. Variación del contenido de humedad de suelo en T2	44

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Ubicación lugar de estudio	54
Anexo 2.	Volúmenes aplicados por tratamiento y evapotranspiración potencial de los periodos fenológicos del cv. Thompson Seedless.	55
Anexo 3.	Análisis de varianza y test de Duncan	56
Anexo 4.	Resultados propiedades físico hídricas del suelo	62
Anexo 5.	ET <sub>0</sub> de octubre 2007 a abril 2008	63
Anexo 6.	Estaciones meteorológicas automáticas usadas para el ensayo	64
a.	Estación meteorológica automática San Antonio perteneciente a la empresa FRUTEXPORT	64
b.	Estación meteorológica automática Santa Rosa perteneciente a la empresa ACONEX	65
Anexo 7.	Variabilidad en profundidad del suelo, sitio de estudio	66
Anexo 8.	Datos no procesados entregados por la sonda FDR	67
Anexo 9.	Datos no procesados de potencial hídrico	69
Anexo 10.	Datos limpios potencial hídrico xilemático.	70
Anexo 11.	Tiempos de riego periodo 2007/08 fundo San Antonio	71

## RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar el potencial hídrico xilemático en vid de mesa cv. Thompson Seedless, se realizó un ensayo de campo en El Palqui, (provincia de Limarí) Chile, como parte de la segunda temporada de mediciones del proyecto SIAR Limarí. Los tratamientos consistieron en 4 diferentes niveles de reposición hídrica: T1 (100% riego agricultor), T2 (72% riego agricultor), T3 (47% riego agricultor) y T4 (100% riego del agricultor y cambio a 47% riego agricultor a pospinta). Se midió el potencial hídrico xilemático como indicador del estrés de las plantas, usando una cámara de presión (Scholander) y se relacionó con el nivel de humedad del perfil del suelo mediante el uso de una sonda FDR (modelo Diviner 2000).

El potencial hídrico xilemático mostró una tendencia a la disminución al avanzar la temporada, debido al agotamiento de las reservas hídricas del suelo. Se evidenciaron solo dos periodos de estrés para las plantas (potenciales menores a -0,9 Mpa), los cuales coincidieron con la mayor demanda atmosférica del periodo. El resto de la temporada los potenciales fluctuaron entre los -0,6 y -0,9 Mpa para todos los niveles de reposición.

Se observaron diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos en cinco ocasiones coincidiendo tanto con momentos críticos de humedad del suelo, como de alta acumulación de ETo. Los tratamientos restrictivos (T2 y T3) mostraron un mejor comportamiento que T1 y T4 al momento de mayor demanda atmosférica, superando o no, el umbral de estrés hídrico (-0.9 Mpa).

La humedad del suelo fue muy variable. Sin embargo, se puede observar el comportamiento esperado. Es decir, el agotamiento de las reservas a medida que avanzó la temporada.

Se concluye que es posible restringir el riego a un 47% sin afectar los parámetros de producción y potencial hídrico y sin anticipar el estrés hídrico evidenciado en la disminución del potencial hídrico xilemático.

**Palabras Clave:** Potencial hídrico xilemático, reposición hídrica, estrés, cámara de presión, sonda FDR.

## ABSTRACT

With the objective of characterizing the stem water potential in table grapes cv. Thompson seedless, a field experiment was done at El Palqui, a province of Limarí, Chile, as part of the second season of measurements of the SIAR Limarí project. The treatments consisted of four levels of water replenishment: T1 (100% farmer irrigation), T2 (72% farmer irrigation), T3 (47% farmer irrigation) and T4 (100% farmer irrigation changed to 47% farmer irrigation post veraison). The stem water potential was measured as a stress indicator of the plants, using a (Scholander) pressure chamber and was compared in relation to the level of humidity of the top layer of soil through the use of a FDR probe (DIVINER 2000 model).

The stem water potential showed a tendency to decrease as the season progressed, due to the exhaustion of the water reserves of the soil. Plant stress (potentials inferior to -0,9 Mpa) was only evident during to two periods, which coincided with the most atmospheric demand of the period. During the rest of the season the potentials fluctuated between -0,6 and -0,9 Mpa for all replacements levels.

The observed statistical differences ( $p > 0.05$ ) amongst the treatments in five occasions coincided not only with critical moments of soil humidity, but also with high accumulations of  $ET_0$ . The restrictive treatments (T2 and T3) showed better performance than T1 and T4 in the moment of highest atmospheric demand.

The humidity of the soil was very variable. However, the expected performance can be observed. That is to say, the exhaustion of reserves as the season progressed.

In conclusion, is possible to restrict irrigation to 47% without affecting the production parameters and the water potential and without the water stress evidenced in the reduction of the water potential.

**Key words:** Stem water potential, replacement water, stress, pressure chamber, FDR probe.

## 1. INTRODUCCION.

En las últimas décadas, aún en condiciones normales de precipitaciones, el agua se ha convertido en un recurso natural cada vez más escaso a causa de la mayor demanda originada por el aumento de la población y del desarrollo económico. El progreso alcanzado por algunas naciones ha generado, incluso, una fuerte competencia por el agua entre distintas actividades productivas, como son las minera, industrial y agrícola (Ferreyra et al, 1998).

El sector frutícola ha experimentado un importante incremento, tanto en superficie (51.7%) como en importancia a nivel de la Región de Coquimbo, en los últimos 7 años (CIREN, 2007). De todas las especies frutales cultivadas en la Región, la vid de mesa aún se mantiene en el primer lugar con un 71,4% del total de la región, siendo la especie frutal más importante en Chile. En la provincia de Limarí, las comunas de Ovalle y Monte Patria constituyen las zonas con mayor superficie destinada a este cultivo en Limarí, correspondiendo al 87% del total de la provincia. (ODEPA, 2008).

Layana & Sekul (2009), citando a Tracol y Morales (2008), indican un aumento de la escases de agua en la región, debido principalmente a la disminución de las precipitaciones y un aumento de las temperaturas; generando una incertidumbre, en relación a la disponibilidad del recurso hídrico en el futuro. Samuel Ortega, señala que la disponibilidad de agua a mediano y largo plazo en Chile se va a reducir sustancialmente. Se habla de un 20 a 40%, de menos precipitaciones, además de la disminución de las reservas de nieve (Guerra, 2009).

Chile tiene a la agricultura entre sus principales motores económicos y depende principalmente de las lluvias para su abastecimiento hídrico, Además la agricultura es una de las actividades que más agua gasta, lo que genera conflictos con otros rubros económicos que dependen del recurso (Guerra, 2009). De ahí la importancia de incorporar nuevas estrategias y disponer de información que permita un uso eficiente del agua (Ferreyra et al, 2002; Intrigolio et al 2007), sin afectar los rendimientos en los sistemas de explotación frutal.

El análisis del potencial hídrico xilemático se ha mostrado como un indicador adecuado del estado hídrico de las plantas, pudiendo éste ser útil como medida de control de estrés en vides (Ferreyra et al, 2003) y como indicador del



momento óptimo de riego. Este tipo de metodología permite realizar una planificación de estrategias de riego (López, 2005). De esta manera se puede saber si existe un grado de estrés y de insuficiencia de aporte de agua, logrando así un uso racional del recurso (Cifre et al 2005), y una disminución de los costos energéticos que ello implica.

La obtención de fruta de calidad otorga un valor agregado a aquellos sistemas productivos que son capaces de producirla, facilitando el proceso de comercialización y la obtención de mayores utilidades (Vega 2001). Se ha observado que el manejo del riego ha tenido un efecto directo en el incremento de la calidad del producto final (Acevedo et al, 2005).

La falta de agua, durante el crecimiento de la vid, limita la producción y la calidad de la fruta, particularmente si la restricción hídrica se produce entre floración y pinta (Ferreyra et al, 2001), por lo que es importante detectar en este período cualquier déficit hídrico, incluso moderado, lo más temprano posible (Ferreyra et al, 2006).

### **1.1 Estrés hídrico**

El estrés hídrico es un problema en la producción de cultivos agrícolas. Es ampliamente conocido que este problema afecta el crecimiento vegetativo y reproductivo de los cultivos (Brandford & Hsiao, 1982). Corresponde al tipo de estrés más importante que pueden sufrir las plantas, y especialmente los cultivos, dada la cantidad de material vegetal afectada. Además es el tipo de estrés que con mayor incidencia afecta las plantas (Tudela y Tadeo, 2000).

Salisbury & Ross, (1995), citando a Levitt (1972) dicen que el estrés corresponde a un cambio en las condiciones ambientales (en este caso hídricas) que resulte en una respuesta de la planta que sea menor a la óptima. Estos autores, definen el estrés biológico como una alteración de las condiciones ambientales que influye de manera adversa en el crecimiento o desarrollo de la planta.

Por lo tanto, un estrés hídrico tiene como resultado un grupo de respuestas fisiológicas en las plantas, como: cierre estomático, reducción de fotosíntesis, baja división celular, entre otras (Vega, 2001).

Según Salisbury & Roos (1995), esta respuesta se denomina deformación biológica, y se entiende como alguna función en la planta que se modifica al estar en un ambiente estresante.

El efecto del estrés hídrico sobre la planta puede observarse en el potencial hídrico xilemático. Estudios indican que un potencial hídrico menor a -0,9 Mpa se traduce en un estrés (Selles et al, 2002). Sin embargo, Ferreyra et al (2001) citando a Williams et al (1995), postulan que la planta no está verdaderamente estresada, sino hasta alcanzar potenciales de -1,1 Mpa.

## **1.2 Efecto del déficit hídrico en cultivos agrícolas**

Los efectos de un déficit hídrico pueden llegar a ser muy negativos en un cultivo, en especial si este se encuentra en una etapa de crecimiento y de desarrollo. Sin embargo, la respuesta será diferente dependiendo del estado fenológico en el que la planta se encuentre, la intensidad y duración del estrés al que se someta y de la época de cultivo (Escaff et al 2005).

El déficit hídrico es uno de los factores limitantes en muchas zonas de cultivos a través del mundo; éste estrés primariamente se traduce en cierre estomático, lo que implica una merma en la transpiración (Montedonico, 2001) y fotosíntesis (Poni et al 1993; Montedonico 2001). Sin embargo, Downton et al (1988) afirman que una hoja en estrés hídrico presenta un cierre estomático desuniforme y por lo tanto existe un intercambio gaseoso en pequeñas áreas de la hoja. Esto indica que, aparentemente, la inhibición de la fotosíntesis en hojas deficitarias no se explica por el cierre estomático.

Investigando los cambios fisiológicos que ocurren en la planta sometida a estrés hídrico, se observó un aumento del ácido abscísico (ABA) producido en las raíces y transportado por la corriente de savia hasta las hojas. Esta es la primera señal que emite la planta para defenderse de la pérdida de agua cuando su nivel en el suelo se sitúa por debajo de un determinado umbral (Loveys et al 2000). Es la presencia del ABA en las hojas la que provoca el cierre parcial de los estomas (Martínez et al 2007; Salisbury & Roos 1995). Según Rock & Zeevaart (2000) el ABA cumple una doble función; a corto plazo reduce la transpiración, mientras que a largo plazo induce la síntesis de proteínas que aumentan la tolerancia de la planta a la desecación.

La exploración del suelo en profundidad en busca de agua podría ser uno de los primeros mecanismos de adaptación a condiciones de estrés hídrico. Por otro lado, el ajuste osmótico es un mecanismo adaptativo que ocurre en manzanos, almendros, pistachos, durazneros y perales; lo cual permite mantener el turgor de la célula a bajos potenciales hídricos según Montedónico (2001) citando a: Hoode y Higgs, 1973; Castel y Fereres, 1992; Behboudian et al, 1986.

Montedónico (2001) citando a Schulze (1986), señala que el déficit hídrico puede provocar la emisión, por parte de las raíces, de sustancias químicas que inducen en las hojas un efecto de mayor duración del cierre estomático para evitar la deshidratación foliar. Cuando este cierre es insuficiente, se inducen procesos de defoliación para disminuir las pérdidas de agua por transpiración.

### **1.3 Efecto del déficit hídrico sobre el desarrollo vegetativo de la vid**

En el caso de la vid, se estudió el comportamiento de distintos órganos de la planta sometida a déficit hídrico, encontrándose que éste produce una significativa disminución del área foliar y crecimiento del brote. Se concluyó que la sensibilidad de crecimiento al déficit hídrico, se incrementa a medida que avanza la ontogenia del cultivo (Schultz & Matthews, 1988; Poni et al 1993).

El mayor crecimiento de brotes se produce entre brotación y pinta, ya que posteriormente ocurre la muerte de la yema terminal. De ello se puede desprender que solo los déficit hídricos anteriores a pinta podrían afectar el crecimiento vegetativo de las plantas (Ferreyra et al 2001).

Además, un déficit hídrico, al disminuir el crecimiento vegetativo de plantas vigorosas, estaría contribuyendo a disminuir la aparición de palo negro (Ferreyra et al, 1998).

Según Wample (2000), un estrés hídrico después de cosecha es perjudicial, ya que puede reducir el crecimiento de las raíces, resultando en una disminución de la absorción de nutrientes, provocando deficiencias nutricionales en la siguiente temporada.

#### **1.4 Efecto del déficit hídrico sobre el desarrollo del fruto**

El número de racimos por planta, el número de bayas por racimo y el peso de bayas son los componentes del rendimiento final de la vid, y en general las opiniones coinciden en que éste se reduce a medida que disminuye el contenido de agua del suelo (Matthews y Anderson, 1989; Ferreyra et al, 1998).

Ferreyra et al (1998), citando a Creasy y Lombard (1993), encontraron que con déficits antes de pinta, el diámetro de bayas es menor a las que se producen con déficits después de pinta y con régimen de riego continuo, produciendo, además, marchitamiento y retraso de la maduración. Deducciones similares realizaron Matthews & Anderson (1989), quienes concluyen que, probablemente, la falta de agua antes de la pinta inhibe la división celular, principal responsable del crecimiento de las bayas en sus primeras etapas de desarrollo.

Estos autores también afirman que se obtienen mayores rendimientos con déficit después de pinta en relación con déficit antes de dicho período y que el rendimiento está relacionado con el número de bayas por racimo, pero no con el peso de las bayas. Lo mismo afirman Ferreyra et al (2001) cuyos estudios demuestran que déficit hídricos anteriores a pinta podrían afectar significativamente el calibre de la fruta.

Además, Matthews y Anderson (1989) observaron que el número de bayas por racimo estaría determinado por el contenido de agua en la vid durante el período anterior a pinta, resultados que coinciden con Puyo (1992), citado por Ferreyra et al (1998).

Estudios realizados en California, EEUU, mostraron que el déficit hídrico experimentado por la vid después de la división celular, afectó más el desarrollo vegetativo que el reproductivo. 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 según por Ferreyra et al (1998) citando a Williams et al 1995.

## 1.5 Técnicas de riego deficitario (RDC y RPR)

En condiciones de escasez de agua tanto el riego deficitario controlado (RDC) como el riego parcial de las raíces (RPR) son ejemplos de estrategias de control del riego que, permiten ahorrar agua, equilibrar el desarrollo vegetativo y la producción y lograr mejoras importantes en la calidad, en especial en vides viníferas de variedades tintas (Martínez et al 2007).

Por lo tanto, se hace necesario el uso de nuevas estrategias de asignación de agua, 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) (Ferreya et al 2001).

Martínez et al (2007), definen el RDC como "la práctica de regular y restringir el agua de riego empleada en un cultivo, tratando de aplicarla en los momentos en los que su eficacia sea máxima, de acuerdo con los objetivos del cultivo".

En otras palabras, el RDC difiere de un estrés hídrico natural, en que una estrategia de este tipo busca llevar al árbol a un ligero estrés en un estado fenológico en el cual la producción no sea afectada (Montedonico, 2001).

Algunos estudios indican que la aplicación de un estrés moderado en determinadas fenofases, según cultivo, puede ser una buena estrategia de ahorro, produciendo una mejora en la calidad de la uva (para vino) y en la eficiencia en el uso del agua, sin reducir significativamente la producción en vid (Dry & Loveys, 2000; Loveys et al 2000); tomate (Zegbe et al 2006a); manzano (Zegbe et al 2006b); Duraznero (HUGUET et al (1990) y LI et al (1989), citados por Montedonico 2001); Almendros (Montedonico, 2001); Limoneros (Domingo 1994, citado por montedonico 2001) y otros cultivos.

Otra estrategia de riego deficitario, que se ha mostrado exitosa es el riego parcial de raíces (RPR). Dry y Loveys (2000) explican que esta técnica consiste en que una parte del sistema radicular de las plantas se mantenga seco, mientras que la otra parte se mantiene húmeda, como se ilustra en la figura 1. Después de un cierto periodo de tiempo estas zonas se alternan, permitiendo que la zona seca se humedezca y que la zona anteriormente húmeda pase a ser la seca.

A diferencia de lo que ocurre cuando se aplica el riego deficitario controlado, que tiende a someter a las plantas a un estrés hídrico próximo a los niveles de reducción de la calidad y volumen de cosecha, el RPR (riego parcial de raíces) aporta continuamente agua a las plantas, permitiéndoles una autorregulación de su propio estado hídrico (Martínez et al, 2007).

Para esto es necesario que cada fila de plantas cuente con dos líneas de goteo y que cada una de ellas riegue la mitad del sistema radicular de las plantas (Figura 1).

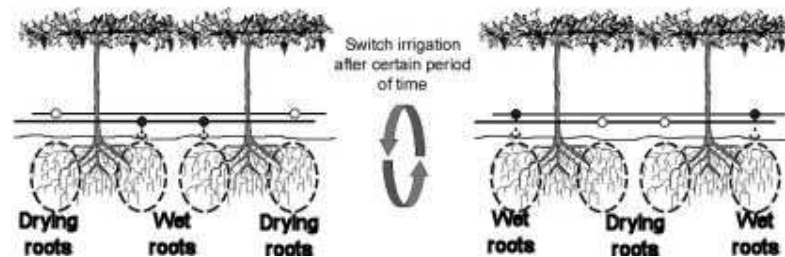


Figura 1. Riego parcial de raíces. (Fuente, Dry & Loveys, 2000).

La duración del ciclo de cambio del riego de una tubería a otra varía en función de las condiciones edafoclimáticas y debe controlarse midiendo la humedad del suelo. De tal manera que la humedad se mantenga por encima del punto de marchitez permanente. Es necesario evitar el desecamiento del suelo en el sector regado, ya que si se produce un déficit hídrico en esta zona, repercutiría negativamente en la producción al deteriorarse el estado hídrico total de la planta. Cuanto más suelto y arenoso sea el suelo, más cortos deben ser los ciclos de riego parcial de raíces y, contrariamente, en suelos más pesados pueden ser más largos (Martínez et al 2007).

El RPR emplea la respuesta bioquímica de las plantas sometidas a estrés para lograr un equilibrio entre el desarrollo vegetativo y el productivo, consiguiendo con ello una mayor eficiencia en el uso del agua al aumentar el peso de uva por metro cúbico de agua empleada en el riego (Martínez et al, 2007).

Cuando todo el sistema radical de una planta experimenta un déficit de agua, se inicia la síntesis de ABA en las raíces (Davies et al 2002) y, a medida que el potencial hídrico disminuye, se sintetiza también en las hojas. El resultado es

una alta concentración de ABA debido a una combinación de transporte desde las raíces y síntesis en las hojas. Sin embargo, cuando sólo una parte de las raíces permanece seca, como en el caso de RPR, la acumulación de ABA que se observa en las hojas sólo es influenciada por el transporte que llega desde las raíces (Martínez et al, 2007), el cual influye considerablemente en el control tanto del vigor, como de la transpiración. De esta forma se puede reducir de forma significativa el crecimiento, reducir el uso del agua sin afectar negativamente en el rendimiento de los cultivos (Dry & Loveys 1998).

### **1.6 Potencial hídrico xilemático**

Desde un punto de vista energético, el potencial hídrico corresponde al trabajo que habría que suministrar a una unidad de masa de agua ligada al suelo o algún tejido de la planta, para llevarla de ese estado de unión a un estado de referencia, correspondiente al del agua pura (agua libre) a la misma temperatura y presión atmosférica (Sánchez & Aguirreolea, 2000). De acuerdo a lo anterior, el potencial hídrico sería una medida de la cantidad de agua no libre en un sistema determinado.

La mayoría de los especialistas en fisiología vegetal, lo definen como el potencial químico del agua en un sistema, expresado en unidades de presión, comparado con el potencial químico del agua pura a presión atmosférica y a la misma temperatura y altitud (Salisbury & Roos, 1995).

En términos prácticos entenderemos este concepto como la integración de la demanda evaporativa de la atmósfera y de la disponibilidad de agua en el suelo explorado por el sistema radical de las plantas (Selles et al, 2002).

El potencial xilemático corresponde a la tensión con que se encuentra el agua en el xilema de la planta, y se mide en unidades de presión, normalmente en megapascal (MPa) (Selles & Ferreyra, S/A; Ferreyra & Selles, 2003). Los valores medidos se expresan en términos negativos, ya que el agua en el xilema de las plantas se encuentra a presiones inferiores a la atmosférica (Ferreyra et al, 1998).

El estado hídrico de las plantas se puede describir adecuadamente mediante el potencial hídrico (Sánchez & Aguirreolea, 1996). Por lo tanto el potencial hídrico permite determinar el nivel de estrés hídrico que puede tener una planta

en un momento determinado. De esta manera, el potencial hídrico representa la tensión con que el agua es retenida en el xilema. La tensión va a aumentar durante el día debido al incremento del poder evaporante de la atmósfera para luego disminuir durante la tarde (Gurovich, 1997).

### **1.7 Determinación del potencial hídrico xilemático**

La evaporación del agua desde las hojas genera la fuerza motriz que hace circular el agua dentro de la planta. El potencial hídrico xilemático expresa el nivel energético del agua en la planta; y se mide generalmente, en las hojas. Estas deben ser aisladas y cubiertas para detener la pérdida de agua, haciendo que su potencial hídrico se iguale al de la ramilla donde está inserta (Sellés et al. 2002).

Tanto el potencial hídrico xilemático como el foliar sufren variaciones a lo largo del día presentando valores más elevados al amanecer y al anochecer y menores al medio día (Selles et al, 2000) cuando es máximo el desequilibrio entre transpiración y absorción. Esta diferencia se hace más amplia al haber un grado de sequía en el suelo (Sanchez & Aguirreola, 2000).

El riego se puede controlar definiendo el momento oportuno de aplicación de agua, a través de mediciones del estado hídrico de las plantas, como es el potencial hídrico de la hoja (Boyer, 1995). Sin embargo, su valor como indicador del estado hídrico del cultivo ha sido cuestionado por su variabilidad, dada la influencia de factores microambientales, especialmente la exposición a la luz solar directa que presentan las hojas a medir (Ferreya et al 2007).

Al respecto, Naor (2000) encontró que el potencial hídrico xilemático a medio día es un indicador más exacto del nivel hídrico de la planta en comparación con el potencial hídrico de la hoja.

Es posible eliminar los factores microambientales que afectan las mediciones del potencial hídrico, indicados anteriormente, al bloquear la transpiración de la hoja antes de ser cortada de la planta (Ferreya et al 2007; Meyer & Reicosky, 1985). La metodología para lograr lo anterior consiste en, previo a la medición, poner las hojas que se van a medir en una bolsa plástica, y luego envolverlas en papel aluminio, para impedir el paso de la luz, bloqueando de esta forma la transpiración de la hoja. En estas condiciones el potencial hídrico medido



representa el potencial promedio de la ramilla que sostiene la hoja. Previa a la medición, las hojas deben permanecer envueltas por un período de 2 horas, para que el potencial hídrico de la hoja, se equilibre con el potencial hídrico xilemático o del brote (McCutchan y Shackel 1992, Citados por Ferreyra et al 2007).

El potencial hídrico xilemático se mide en hojas asoleadas y maduras, a las cuales se le ha suprimido la influencia de las variables microambientales que actúan sobre ella, cubriendo la hoja con plástico y papel aluminio una hora antes de la medición. De esta forma se evita la transpiración y se equilibra el potencial hídrico de la hoja con el de la ramilla que lo sustenta (Ferreyra & Selles 2005; Selles et al, 2002). Luego de una hora, se sacan las hojas, se colocan dentro de la cámara y se aplica una presión equivalente a la tensión que se encuentra el agua en el xilema. La savia xilemática aparece entonces por el pecíolo, y se registra el valor que marca el manómetro (Selles et al 2000)

El tiempo que transcurre entre el corte de la hoja y la medición no debe ser superior a los dos minutos, ya que a mayor tiempo mayor variación de los resultados (Ferreyra & Selles 2005)

El potencial hídrico xilemático se mostró como un indicador adecuado del estado hídrico de las plantas (Ferreyra et al 2002; Ferreyra et al 2003) y puede ser útil para controlar el estrés hídrico en vides viníferas (Ferreyra et al 2003) y otras especies frutales (Ferreyra et al 2002; Selles et al 2002).

## **1.8 Instrumentos para medir el potencial hídrico xilemático**

### **1.8.1 La cámara de presión**

El potencial hídrico se mide con una cámara de presión, que en términos simples, mide la “presión sanguínea” de la planta. Por supuesto, en la planta circula agua en lugar de sangre, y la presión en su interior corresponde a una tensión (presión negativa) producto de la evaporación del agua desde las hojas (Selles et al 2002).

El potencial hídrico xilemático, tiene la ventaja de integrar tanto la demanda evaporativa de la atmósfera, como la humedad de suelo explorado por las raíces (Selles et al 2002). Sin embargo, esto no se logra cuando se realizan mediciones

directas al suelo (tensiómetros, incluso haciendo uso de TDR y FDR), ya que el volumen de suelo analizado es pequeño y no necesariamente coincide con las zonas de mayor desarrollo de raíces (Selles et al 2002). Las mediciones directas de humedad de suelo no reflejan el estado hídrico de la planta, debido a que muchos de estos instrumentos no consideran factores externos como el bajo volumen de suelo medido, la distribución de las raíces en el perfil de suelo y la capacidad de absorción radicular, la cual depende directamente de su extensión y de su permeabilidad (Kramer, 1989).

La principal ventaja de las mediciones basadas en la planta es que permiten realizar la programación de los sistemas de riego ya que relaciona el estado hídrico de la planta con su crecimiento e indirectamente con las condiciones de suelo y ambiente (Gurovich, 1997). Aunque solo determina cuando y no cuanto regar (Ferreyra & Selles, 2005).

La cámara de presión es un buen instrumento para medir el estado hídrico de la planta. Así lo revelan estudios en los cuales se ha usado este método (Acevedo et al, 2005; Ferreyra & Selles, 2003; Ferreyra et al 2002, 2003, 2005, 2007; López, 2005; Meyer & Reicosky, 1985; Ruiz, 2005; Selles & Ferreyra, S/A y Vega, 2001).

### **1.9 Sondas capacitativas o FDR**

Son también conocidos como sensores de capacitancia ya que utilizan esta propiedad para medir el coeficiente dieléctrico ( $\epsilon$ ) de la matriz del suelo. Los circuitos del sensor oscilan con una frecuencia que depende de la capacitancia del suelo, determinada por la humedad del mismo (Intrigolio et al, 2007).

Dentro de los equipos que miden humedad de suelo se encuentran sensores conocidos con el nombre de sondas Capacitativas o FDR.

El FDR (Frequency Domaine Refractometry) es un instrumento que basa su medición en la constante dieléctrica del suelos, la cual varía en función del contenido de humedad de este (Intrigolio et al, 2007), midiendo el tiempo de carga de un condensador que utiliza el suelo como medio eléctrico (Wacker, 2002). La constante de un suelo seco es del orden de 4 a 10, en cambio la del agua pura es del orden de 80. El sensor está constituido por un sonda con un par de electrodos (anillos circulares) conectados a un oscilador. Cuando esta

sonda se introduce en el suelo, a través de un tubo de acceso de PVC, el campo eléctrico se activa utilizando una radio frecuencia y su variación registra el contenido de humedad (Selles & Ferreyra, S/A).

La zona de influencia, sobre la que se realiza la medida, corresponde a unos 10 cm en altura (5 por encima del sensor y 5 por debajo) y aprox. 7 cm de radio, si bien es en los primeros 3 cm es donde se mide el 90% de la señal. Por ello, la instalación del tubo de acceso debe ser muy cuidadosa, a fin de que exista un completo contacto pared del tubo con el suelo, evitando que queden espacios vacíos que darían lecturas falsas, tanto si se llenan de aire o de agua, dada las diferencias de coeficiente dieléctrico (Itrigliolo, et al, 2007).

En este contexto, se propone la realización de un estudio del efecto de una restricción hídrica, sobre el potencial hídrico xilemático en vid de mesa cv. Thompson Seedless en una localidad productora de uva de mesa con clima semiárido.

## 2. OBJETIVOS.

### 2.1 OBJETIVO GENERAL:

Caracterizar el potencial hídrico xilemático y contenido de humedad del suelo en vid de mesa cv. Thompson Seedless para determinar el efecto y nivel de estrés hídrico con diferentes niveles de reposición hídrica.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer relaciones entre el potencial xilemático y otras variables asociadas a la demanda hídrica.
- Establecer relaciones entre el potencial hídrico xilemático y los principales componentes de la producción.

### 3. MATERIALES Y METODO

Este ensayo se realizó como parte de la segunda temporada de mediciones del proyecto SIAR Limarí (Sistema interactivo de apoyo al riego), financiado por INNOVA-Chile.

Es importante mencionar que las plantas del ensayo poseen temporadas de restricción hídrica; sin embargo, es la primera temporada de mediciones de potencial hídrico xilemático

#### 3.1. Localización y descripción del lugar de estudio

El ensayo se llevó a cabo durante la temporada 2007/08, en una plantación comercial de vid de mesa de 22 años de edad (aproximadamente) en plena producción, correspondiente a la variedad Thompson seedlees, conducida en parrón español con un marco de plantación de 3,5 m por 3,5 m.

La investigación se desarrolló en la localidad de El Palqui, fundo San Antonio comuna de Monte Patria. El agua para riego proviene de la Asociación de canalistas del canal Palqui Maurat Semita (ACPMS), perteneciente a la empresa FRUTEXPORT (Lat 30° 45´ S, Long 70° 55´ W) (anexo 1).

El clima de El Palqui corresponde a Estepa con gran sequedad atmosférica, desde donde no se percibe influencia oceánica. Su principal característica son los cielos predominantemente despejados, baja humedad relativa, temperaturas elevadas durante el día debido a que ocupa una zona dentro o sobre la capa de inversión térmica, aunque en las noches las temperaturas descienden bastante ([www.meteochile.cl](http://www.meteochile.cl)).

Según Caldentey (1987) el agroclima Ovalle se caracteriza por tener el siguiente régimen térmico:

- Período libre de heladas: 10 a 11 meses
- Sumatoria de temperaturas (Septiembre – Febrero): 1300-1500 días grados
- Temperatura máxima media de Enero: 27 a 30° C
- Período de receso vegetativo: no ocurre
- Horas de frío anuales ( $t < 7^{\circ}$  C): 200-400hrs

- Temperatura mínima media de Julio: 5 a 6° C

Los suelos de El Palqui, pertenecen a la serie El Palqui. Presentan una topografía ondulada y gran heterogeneidad (Anexo 7); con texturas finas que van de arcillosa en superficie hasta arenosa en profundidad.

Con pedregosidad variable considerándose un suelo pedregoso, a profundidad del suelo es muy variable en el sector de estudio, encontrándose suelos moderadamente profundos a muy delgados, y en su mayoría se observa que estos suelos descansan sobre roca consolidada, lo que afecta al movimiento de agua en el perfil (Araya, 2009).

El suelo en el sitio del ensayo fue caracterizado morfológica y físicamente por Araya (2009), por medio de 20 calicatas, en las cuales se describió el suelo de cada tratamiento, en donde observó un predominio de texturas moderadamente finas a finas en todo el perfil, con estructuras de bloques angulares medios moderados en superficie cambiando a masiva en profundidad y con escaso arraigamiento, presentando raíces finas escasas concentradas en los primeros 25 centímetros de suelo, sometidas a largos periodos de falta de oxígeno. Las características físico-hídricas se encuentran tabuladas en el anexo 4.

### 3.2. Diseño experimental

El diseño empleado en el estudio consistió en bloques completamente al azar, ya que este diseño es el que brinda la mayor precisión cuando existe alta variabilidad de suelos. Se evaluaron cuatro tratamientos correspondientes a distintos niveles de reposición hídrica con cinco repeticiones cada uno, constituyendo un total de cinco bloques. Cada tratamiento por bloque contó con 4 plantas, de las cuales se escogió al azar una a la cual se le efectuaron las mediciones durante la temporada. De esta forma se generó un total de 20 unidades experimentales, constituidas por una planta por unidad experimental, como se ejemplifica en la figura 1.

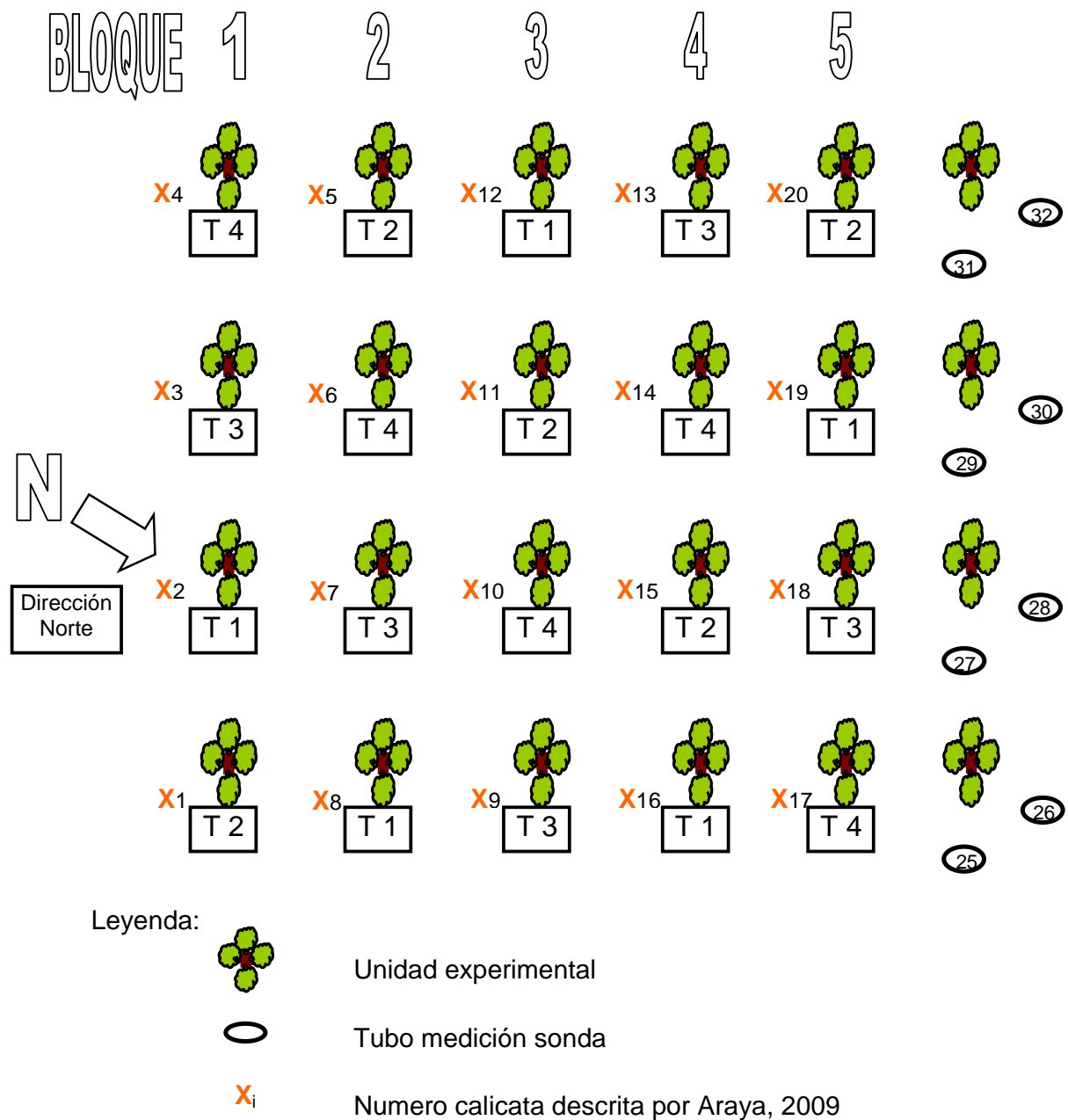


Figura 2. Disposición espacial de los tratamientos.

Los tratamientos consistieron en distintos niveles de reposición hídrica (segunda temporada) asociados al volumen de riego determinado por el encargado de riego de la empresa. El método de riego utilizado es a presión con una línea de goteos distribuidos a 1 metro que entregan un caudal nominal de 3,6 l/h en el caso del riego del agricultor (cuadro 1).

Los tratamientos fueron los siguientes:

T1: 100% riego del agricultor.

T2: 72% riego del agricultor.

T3: 47% riego del agricultor.

T4: 100% riego del agricultor hasta pinta y luego 47% desde postpinta hasta cosecha.

El volumen de reposición fue distribuido de acuerdo a los tratamientos y controlado por la emisión de goteros, es decir goteros de distinto caudal según tratamiento, por el mismo tiempo de riego (T1: goteros de 3,6 L/h; T2: goteros de 2,6 L/h; T3: goteros de 1,7 L/h y T4: goteros de 3,6 L/h hasta pinta y luego goteros de 1,7 L/h hasta cosecha) (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Control de la reposición hídrica en los tratamientos

<i>Tratamientos</i>	<i>Regímenes Hídricos</i>	<i>Caudal Nominal</i>
T1	Reposición del 100% de la ETC del agricultor.	3,6 l/h
T2	Reposición del 72% de la ETC del agricultor.	2,6 l/h
T3	Reposición del 47% de la ETC del agricultor.	1,7 l/h
T4	Reposición del 47% de la ETC desde Cosecha a fin de tratamiento de riego.	3,6 l/h. y de pinta a cosecha 1,7 l/h



Junto con el control del volumen de agua por parte de los goteros, se midió el coeficiente de uniformidad de estos para tener un conocimiento comprobable de los volúmenes reales aplicados por tratamiento (Gurovich, 1997).

### 3.3 Variables y parámetros

#### 3.3.1 Contenido de humedad de suelo

Se determinó la humedad de suelo del perfil cada 10 centímetros de profundidad haciendo uso de una sonda FDR (Modelo DIVINER 2000), con una frecuencia de medición quincenal en el periodo desde septiembre del 2007 hasta abril del 2008.

Los tubos de medición para este instrumento fueron instalados durante la temporada 2006/07 en el bloque 5, con un total de 2 tubos por tratamiento (figura 3).

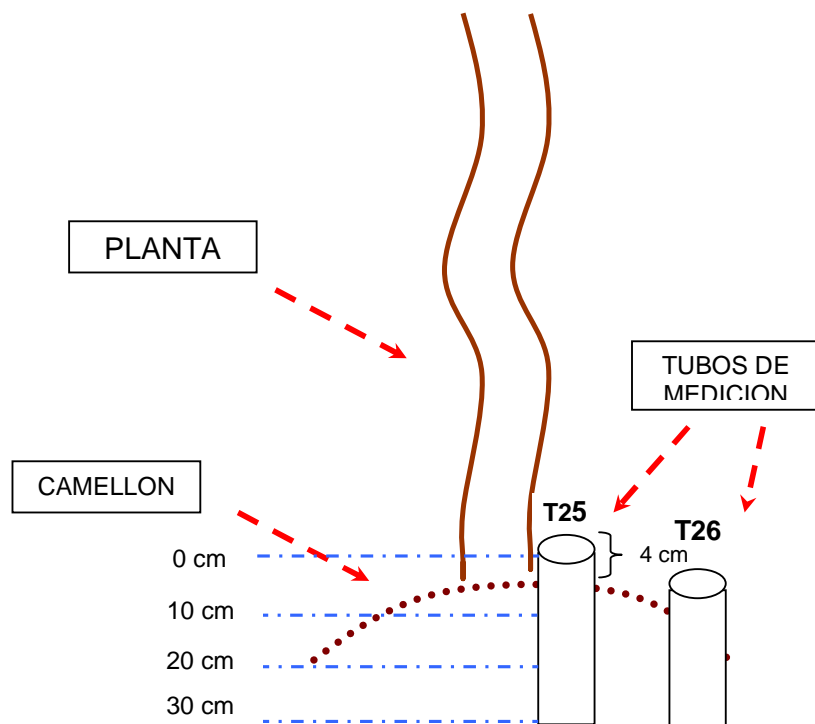


Figura 3. Ubicación tubos para medir humedad de suelo.

La figura 3 muestra la forma en que están distribuidos los tubos, en relación a la planta. Se observa además que el tubo está cuatro centímetros más arriba que el nivel del suelo, y como no hay suelo alrededor del tubo en esa sección, la medición de esos primeros diez cm conduce a un error. Debido a esto, esta sección (0 a 10 cm), no se tomará en cuenta en la discusión de resultados.

El contenido de humedad del suelo se determinó a partir de la ecuación de calibración ( $Y=1,508x -10.03$ ;  $r^2=0.905$ ).

El volumen de agua mensual y total para cada tratamiento en esta segunda temporada así como también las fechas de aplicación, se obtuvo a partir del calendario de riego que se encuentra en el anexo 2.

### 3.3.2 Demanda atmosférica

La demanda evaporativa de la atmósfera, puede ser determinada a partir de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) (Selles & Ferreyra S/A), la cual se obtuvo de una estación meteorológica automática (Marca Davies, modelo Ventage) ubicada en el mismo predio (fundo San Antonio), y de otra estación automática (marca Campbell, modelo CR-1000) ubicada en un predio cercano (fundo Santa Rosa) perteneciente a la empresa ACONEX (latitud 30° 77'S, longitud 70° 92'W) (ver anexo 6). Los datos de esta última fueron usados cuando no se contó con los datos de la estación San Antonio.

Los datos de ambas estaciones se encuentran disponibles en la página Web del SIAR (<http://www.siar.cl>).

Ambas estaciones meteorológicas automáticas, arrojan el valor de la ET<sub>o</sub> calculado en mm/día, de acuerdo a la ecuación de Penman-Monteith, la cual se describe a continuación:

$$ET_o = \frac{0,408 (R_n - G) + \gamma 900 U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)}$$

Donde:

$ET_o$  = Evaporación del cultivo de referencia (mm/día)

$R_n$  = Radiación neta en la superficie del cultivo ( $MJ/m^2$ )

$G$  = Flujo de calor del suelo ( $MJ/m^2$ )

$T$  = Temperatura diaria media ( $^{\circ}C$ )

$\gamma$  = Constante psicrométrica ( $KPa/^{\circ}C$ )

$U_2$  = Velocidad del viento a 2 m del suelo (m/s)

$(e_a - e_d)$  = Déficit de presión de vapor (Kpa)

$\Delta$  = Pendiente de la curva de presión de vapor ( $KPa/^{\circ}C$ )

### 3.3.3 Potencial hídrico xilemático

El potencial hídrico xilemático sufre variaciones a lo largo del día, siendo este más negativo al medio día (14:00 - 16:00 hrs), momento en el cual ocurre el máximo desequilibrio entre transpiración y absorción (López, 2005), es decir, es el momento en el que la planta muestra la mayor tensión xilemática del día. Por esta razón las mediciones de potencial se realizaron en ese momento.

El equipo a utilizar para la medición del potencial hídrico xilemático fue una cámara de presión (Scholander).

Para medir el potencial hídrico xilemático se utilizaron hojas asoleadas y maduras, a las cuales se les suprimió la influencia de las variables micro ambientales que actúan sobre ella, cubriendo la hoja con plástico y papel aluminio una hora antes de la medición (Ferreira & Selles, 2005). De esta forma se evita la transpiración y se equilibra el potencial hídrico de la hoja con el de la ramilla que lo sustenta.

El tiempo que transcurre entre el corte de la hoja y la medición no fue superior a los dos minutos, ya que a mayor tiempo mayor variación de los resultados.

Se seleccionaron, para efectos de medición, dos hojas por planta. Estas tenían la característica de estar maduras, sanas, asoleadas (Ferreyra 2005) y provenientes de distintos brazos de la planta.

La frecuencia de las mediciones fue de aproximadamente dos a tres semanas (ver figura 3), a partir de la semana 41, con brotes maduros (longitud mayor a 40 cm.), hasta la semana 11, cuando se evidencio la entrada en receso.; dando un total de 10 mediciones.

### 3.4 Procesamiento de datos

Los resultados obtenidos de los potenciales hídricos, se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) con el software SPSS versión 15.0 para Windows, con el cual se determinó la existencia de algún efecto de los tratamientos. En los casos que el ANDEVA arrojó significancia se realizó un test de Duncan con un  $\alpha \leq 0,05$  para diferenciar el efecto de cada uno.

Cada una de las curvas obtenidas se comparó con las fechas de riego de la temporada y con la demanda atmosférica, así como también con las curvas de contenido de humedad de suelo obtenidas.

Los datos relativos a calidad, desarrollo y producción, para el ensayo y la temporada, fueron aportados por Layana & Sekul, (2009).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Efecto de la restricción hídrica sobre el potencial hídrico xilemático y la producción

El potencial hídrico xilemático (Px) presento diferencias significativas entre los tratamientos desde las primeras semanas, aunque no en todas las mediciones. Esto puede apreciarse en la figura 4.

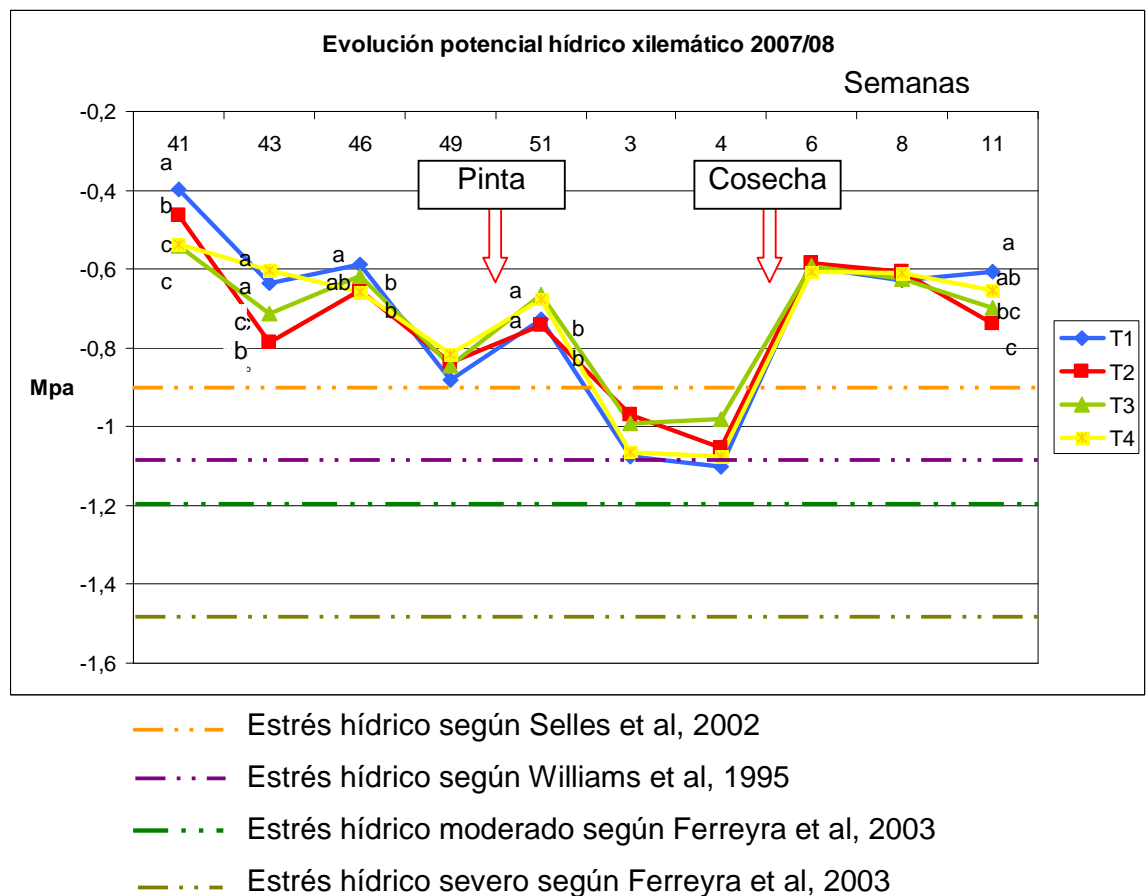


Figura 4. Evolución del potencial hídrico a medio día, durante la temporada 2007/08. Unidad experimental San antonio(Letras diferentes indican diferencia estadística según test de Duncan  $p < 0,05$ )

En la primera medición (Semana 41), se observan diferencias ( $p=0,001$ ) entre T1, T2 y T4. Este según el rango dado por distintos autores (figura 4) (Anexo 3). Aunque las plantas no se hallan en estrés sino hasta después de pinta (según rango de Selles et al, 2002), es interesante observar que T1 es diferente de T4, aun cuando el suministro de agua es igual en ambos tratamientos. Lo mismo se observa en la semana 46.

Esto puede explicarse, en parte, por las curvas de contenido de humedad de suelo (Figura 11). Al observar la curva de humedad superior, en el T4, puede notarse que hay dos Peak de disminución de humedad importantes que coinciden exactamente con las mediciones de potencial en las semanas 41 y 46. Esto explica la diferencia en el estado hídrico de las plantas para tratamientos iguales. Empero no es posible analizar la curva superior en el T1, ya que hasta la semana 46 los valores de humedad son negativos, lo cual no es confiable, pero solamente a nivel superficial (de 0 a 10 cm profundidad).

Además, durante ese periodo específico (semanas 41 al 46) el volumen de agua repuesto por riego, para todos los tratamientos, mostró una mayor diferencia con respecto a la demanda atmosférica que el resto del periodo.

Sin embargo en las primeras 2 mediciones se observa el comportamiento esperado de acuerdo al suministro hídrico, es decir, existe diferencia ( $p=0,001$ ) entre los tratamientos 1, 2 y 3.

Para todos los tratamientos, el comportamiento del potencial hídrico se mantuvo en el rango entre los  $-0,4$  y  $-0,9$  Mpa hasta la semana 51. Esto se explica, según Ferreyra (2006), porque las plantas presentan una fuerte regulación de las pérdidas de agua por transpiración, durante las horas de mayor demanda, lo que permite mantener un potencial hídrico estable durante ese periodo, sin que se manifiesten grandes diferencias entre los tratamientos de riego, salvo cuando los déficit son extremos. Similares resultados obtuvieron Selles et al (2003) y Mutarello (datos no publicados), quien observó este comportamiento luego de la semana 52 en uva de mesa cv Thompson Seedless en la localidad de Camarico para la misma temporada.

Además, comportamientos similares se han observado en otras experiencias de riego deficitario realizadas en vides variedad Thompson Seedless, mostrando que plantas bien regadas presentan un valor de potencial xilemático a medio día

de -0,6 Mpa, mientras que plantas con 60% de reposición hídrica de la ETc expresaron valores entre -0,8 a -1 Mpa (Selles et al 2000).

Desde el principio de las mediciones (Semana 41) hasta la semana 4, la curva de potenciales muestra una marcada tendencia a la disminución de los valores en todos los tratamientos, lo mismo que de la semana 6 hasta el final de la temporada. Similar comportamiento obtuvieron Felmer & Ortiz (1997), que explican que el comportamiento diario del potencial hídrico, esta estrechamente relacionado con el agua aplicada y la demanda evaporativa del ambiente.

Sin embargo, luego de pinta, en las semanas 3 y 4, los potenciales de todos los tratamientos se mostraron inferiores a -0,9 Mpa, rango considerado estresante para esta especie y variedad (Selles et al 2002), coincidiendo además con el periodo de máxima demanda atmosférica del año (Figura 5).

Empero, a pesar de este cambio en las curvas de potencial, no se evidencia ninguna diferencia estadística entre ellos, lo que indica que ya sea se restrinja o no el aporte hídrico a este cultivo y en estas condiciones las plantas de igual forma, independiente del tratamiento, disminuirán el potencial hídrico hasta un valor estresante.

La línea que marca el estrés hídrico para esta variedad (figura 4), no está claramente definida por los diversos autores, ni en magnitud, ni en el estado fenológico en el cual se describe.

Por ejemplo, Ferreyra et al (2001) citando a Williams et al (1995) postulan que la planta no está verdaderamente estresada, sino hasta alcanzar potenciales de -1,1 Mpa. Es importante indicar que diversos autores han aseverado que valores de potencial hídrico xilemático en vides con estrés hídrico moderado pueden alcanzar -1,2 Mpa y valores menores a -1,5 Mpa cuando el estrés hídrico es severo (Ferreyra et al 2003).

Otros estudios señalan que plantas bien regadas presentan potenciales xilemáticos que bordean los -0,9 Mpa, plantas que recibieron un 50% de la ETc máxima presentaban valores de -1,0 Mpa, y plantas regadas con el 25% de la ETc presentaron valores de -1,2 Mpa (Felmer & Ortiz 1997).

Sin embargo, para esta discusión se tomará el criterio de Selles et al (2002) para definir el valor de potencial hídrico en el cual la planta se encuentra estresada (- 0,9 Mpa) ya que es el único que define un nivel de estrés específico para la variedad Thompson Seedless.

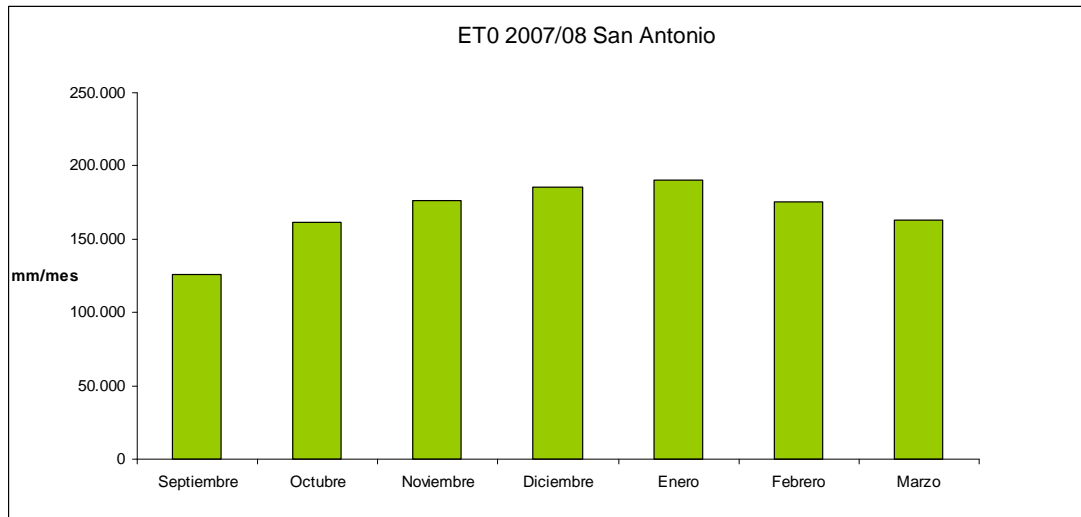


Figura 5. Evolución mensual de la ET0 (Penman-Montey) durante el periodo de estudio.

Puede observarse también, en la figura 4, que en el momento de mayor estrés para todos los tratamientos (Semanas 3 y 4), los tratamientos más restrictivos (T2 y T3) tienden a mostrar un estado hídrico más adecuado (Mayor a -1 Mpa) que los tratamientos T1 y T4, aunque sin diferencias significativas. Esto se debería, muy probablemente, a una mayor regulación estomática (Montedónico, 2001) por parte de los tratamientos más restrictivos, ya que las plantas de estos tratamientos poseerían una mayor cantidad de ácido abscísico aportado por las raíces (Loveys et al, 2000). Además, a esto debe sumarse el hecho de que estos tratamientos, al poseer una menor área foliar (figura 5), pierden menos agua por concepto de transpiración.

Otro cambio brusco en las curvas de potencial ocurrió en las semanas 6 y 8, periodo posterior a cosecha (ver figura 4), en las cuales los potenciales se mantienen bordeando los -0,6 Mpa en todos los tratamientos, sin evidenciar diferencia estadística. Esto ocurre contrario a lo que se esperaba, es decir, que la tendencia de la curva se mantuviese relativamente constante y acusando tanto una disminución de las reservas de agua del suelo, como un aumento en el nivel de estrés hídrico en los tratamientos, especialmente los más restrictivos. Al observar el anexo 3, se puede ver que las mediciones de potencial hídrico xilemático coinciden exactamente con el riego, lo que explica que todos los tratamientos se comporten de la misma manera.



En estudios similares, se encontró que al disminuir el contenido hídrico en el suelo, se hace más lenta la absorción de agua por parte de las raíces (Felmer & Ortiz, 1997), lo que sería un argumento más para explicar la disminución en el potencial hídrico, especialmente en los tratamientos más restrictivos (Burgos 1996, citado por Felmer & Ortiz, 1997). Además, se suma el hecho de que para ese momento la demanda atmosférica acumulada aumentó considerablemente su diferencia con respecto al riego (ver figura 9). Sin embargo, el potencial hídrico no disminuyó, como se observa en la figura 4 debido principalmente al considerable aumento en el contenido de humedad en el suelo producto del riego. Esto también puede verse claramente en la figura 11 para los T1 y T2.

En la última semana de mediciones, nuevamente se encontró diferencia estadística: T1 difiere de T2 y T3, pero no de T4 (ver figura 4). Aquí no se observa un gran cambio en el contenido de humedad de suelo (figura 11), pero si se observa una gran diferencia entre la demanda atmosférica acumulada y el volumen de riego aplicado (figura 9).

Para el T4, el cual fue sometido a restricción luego de pinta, no se evidencia diferencia estadística en el potencial hídrico, aún cuando la curva de humedad de suelo en T4 vaya disminuyendo a partir de ese momento.

Resultados similares obtuvo Mutarello (Datos no publicados) quien, para un estudio similar en otra localidad (misma provincia), no encontró diferencia alguna entre T1 y T4 durante todo el periodo de estudio. Esto indicaría que una restricción luego de pinta, para estas condiciones, no tiene efecto en el status hídrico de las plantas.

Sin embargo, aunque no hay efectos en el potencial hídrico, la restricción de T4 entre pinta y cosecha si tuvo efectos sobre la evolución del sombreadamiento, como puede observarse en la figura 6.

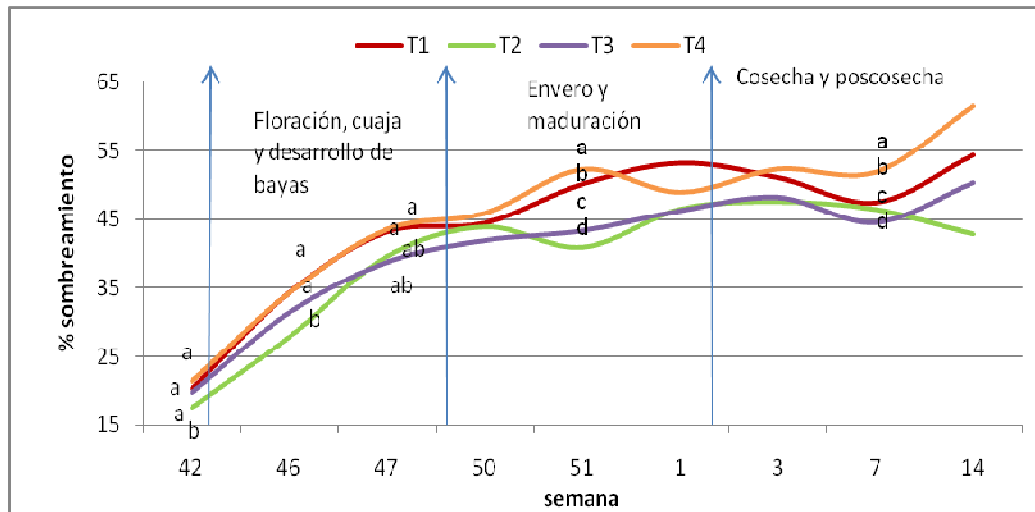


Figura 6. Evolución del sombreamiento, El Palqui 2007/08. (Layana & Sekul 2009).

La figura 6 muestra que no hay diferencias de porcentaje de sombreamiento entre T1 y T4 sino hasta el periodo de pinta (semana 51). Es decir, la restricción a un 50% del riego entre el periodo de pinta y cosecha, se traduce en una disminución del área sombreada en las plantas correspondientes a T4, diferencia que continua aun después de cosecha.

Sin embargo, en cuanto a los parámetros de producción, el cuadro 2 no muestra diferencias estadísticas entre T1 y T4, salvo en la variable peso de racimo, en la cual incluso T4 aumentó con respecto a T1. Cabe destacar que el tratamiento T4 no redujo el número de racimos exportables en comparación a T1, debido a que una restricción hídrica desde pinta a cosecha generalmente no afecta en gran medida este parámetro (Ferreyra *et al* 2003).

El cuadro 2 muestra que los tratamientos T2 y T3 si se mostraron afectados por la restricción hídrica, con respecto a T1 en todas las variables.

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos de restricción hídrica sobre el rendimiento y sus componentes. Fuente, Layana & Sekul, 2009.

	Nº racimos exp/pl.	Peso racimo (gr)	Rend. exp (Kg/pl.)
Temporada 2007/08			
Tratamientos			
Riego agricultor 100% (T1)	34 a <sup>z</sup>	596 b	20 ab
75% del riego agricultor (T2)	18 b	516 c	10 c
50% del riego agricultor (T3)	32 a	537 c	19 b
50% desde pinta a cosecha (T4)	36 a	651 a	22 a
Fuente de variación			
Significancia (p) <sup>y</sup>	P ≤ 0,01 <sup>y</sup>	p ≤ 0,01	P ≤ 0,01

<sup>z</sup> Valores seguidos de igual letra, no difieren estadísticamente en test de comparación múltiple de Duncan  $p \leq 0,05$

<sup>y</sup> Análisis de varianza en diseños en bloques al azar con  $p \leq 0,05$

El tratamiento T2 redujo el número de racimos exportables en un 53% en comparación al tratamiento T1. No obstante los tratamientos T3 y T4 no presentaron diferencias con respecto al testigo T1. Al respecto Ortega-Farias et al (2007) explica que la restricción del 50% del riego (T3), promovería una mayor fertilidad de las yemas al producirse una mayor inducción de las mismas en la primera temporada, debido a un menor sombreado en estas plantas provocado por un menor follaje. Sin embargo, otra explicación se halla en el hecho de que el T3 no presentó, según las mediciones, ningún estrés mayor que T1 a pesar de la diferencia de restricción.

En cuanto al peso de los racimos, tanto el T2 como el T3 disminuyeron el peso en un 13% y 10% respectivamente observándose diferencias significativas con respecto al testigo (Layana & Sekul, 2009).

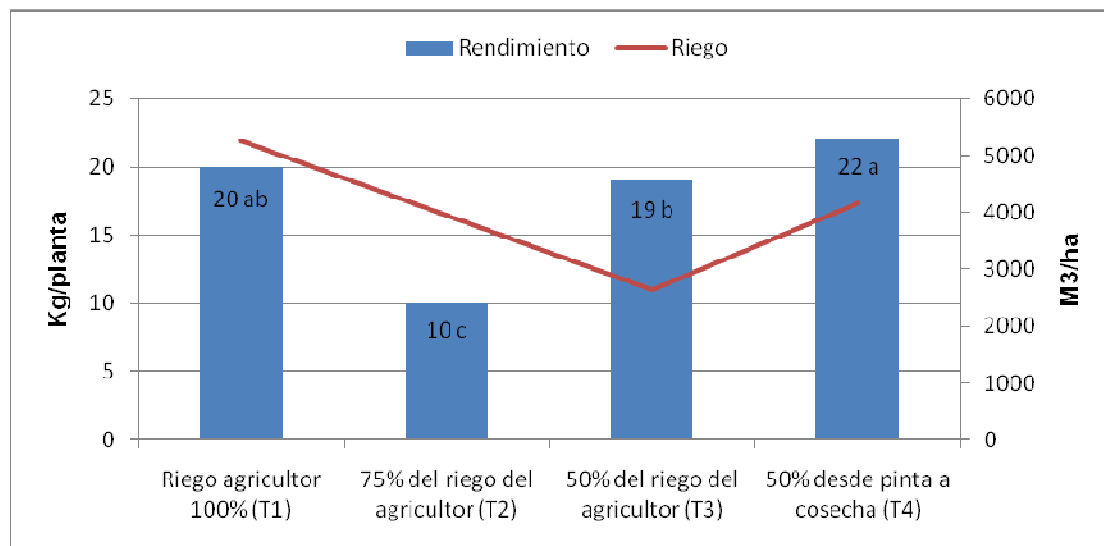


Figura 7. Rendimiento por planta y volúmenes de agua aplicados, localidad El Palqui, temporada 2007/08. Fuente, Layana & Sekul, 2009.

De esta forma se aprecia como la aplicación de distintas restricciones hídricas en una segunda temporada en El Palqui, afecta a cada uno de los componentes de la producción. El tratamiento T2 fue el que presentó una mayor reducción del rendimiento, debido al peso de racimos (10 Kg/planta), en comparación al testigo T1 (20 kg/planta) (figura 7), lo que coincide con las diferencias estadísticas de los potenciales entre T2 y T1. Esta reducción se atribuye principalmente a un menor número de racimos exportables y peso de estos. En cambio la reducción de un 5% en T3, se explica más por la disminución del peso del racimo que por el al número de éstos, lo que coincide con lo encontrado por Matthews & Anderson (1989). Lo mismo asevera Ferreyra et al (1998), quien observó que un déficit antes de pinta, se traduce en un menor peso de bayas. No así el T4, ya que la restricción hídrica fue después de pinta y por lo tanto, no manifestó una reducción del rendimiento (cuadro 2).

Parece ser que T4 produce el mayor rendimiento exportable con un número y peso de racimos similar a T1, pero con un ahorro de de agua de 761 m3/ha respecto del testigo (figura 8). Esto, sin considerar la calidad ni la condición de la fruta.

## 4.2 Evolución del contenido de humedad del suelo

### 4.2.1 Agua aplicada vía riego

Los volúmenes de agua descargados por riego, a cada tratamiento, fueron controlados por goteros, los cuales fueron monitoreados durante la temporada a fin de evitar una descarga irregular (los volúmenes aplicados por tratamiento y en cada estado fenológico se detallan en los anexos 2 y 5). Para ello se determinó el coeficiente de uniformidad, el cual se muestra en el cuadro 3 para cada tratamiento.

Cuadro 3. Caudales reales y coeficiente de uniformidad. Fundo San Antonio.

El Palqui Frutexport		
Tratamientos	Caudales promedio (l/hr)	Coef. Uniformidad (%)
T1 (100% riego agricultor)	3.84	93.1
T2 (75% riego agricultor)	2.37	92.4
T3 (50% riego agricultor)	2.03	88.6
T4 (50% de T1 desde pinta)	3.77	91.6

Fuente. INIA

Un coeficiente de uniformidad (CU), cuyo porcentaje sea mayor a 90% se considera excelente, y si es mayor a 85% se considera bueno. Al observar el cuadro 3, se puede notar que los valores son excelentes para T1, T2 y T4, y bueno para T3. Es decir, las descargas son homogéneas, de acuerdo a los tratamientos.

En la figura 7 y 8 se observa que la  $ET_0$  acumulada durante esta segunda temporada demandó 11.287 m<sup>3</sup>/ha al finalizar ésta (semana 16). Por otro lado, la reposición hídrica total del agricultor (T1) fue de 5173 m<sup>3</sup>/ha, correspondiendo a un 46% de la demanda potencial ( $ET_0$ ). Los tratamientos T2 y T4 repusieron 3193 y 4412 m<sup>3</sup>/ha respectivamente al término de la temporada, permitiendo un ahorro de agua en 38 y 15% con respecto a T1. Por otra parte el tratamiento T3 permitió un ahorro del 47% en relación al riego agricultor (T1) durante todo el periodo 2007/08 (Layana & Sekul, 2009).

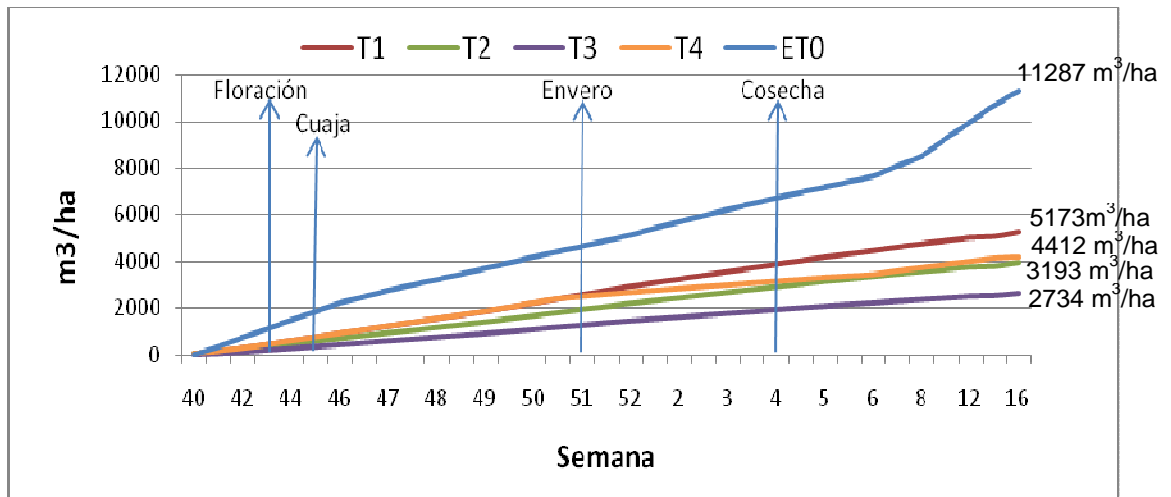


Figura 8. Curvas de riego acumulado y evapotranspiración potencial acumulada ( $ET_0$ ). Fuente, Layana & Sekul 2009.

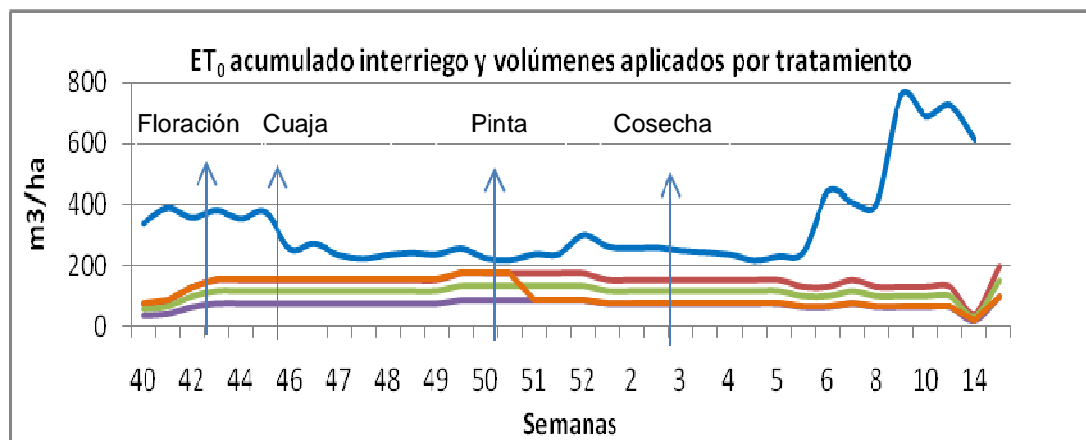


Figura 9. Relación entre demanda atmosférica y volúmenes aplicados según tratamiento. Fuente, Layana & Sekul, 2009.

La relación entre el  $ET_0$  acumulado hasta la fecha de cada riego y el volumen de agua aplicado por el agricultor en ese periodo, según los tratamientos se muestra en la figura 8, evidenciando que los riegos asignados en el ensayo se ajustan al comportamiento de la demanda potencial ( $ET_0$ ) y al desarrollo del cultivo. Sin embargo esto solo ocurre entre cuaja (Semana 46) y después de cosecha (Semana 5). El resto del periodo el desfase es notorio.

Diversos investigadores señalan que el periodo desde brotación hasta floración es el más sensible a un déficit hídrico, y es el más afectado por la falta de agua, ya que en esta etapa se produce un rápido aumento del área foliar y de la transpiración, de manera que cualquier déficit hídrico provoca una reducción de la elongación celular, lo que se traduce en un menor crecimiento de los brotes (Ferreyra et al, 1998).

La figura 8 muestra que durante este periodo (brotación-floración) existió una gran diferencia entre la  $ET_0$  ( $m^3$ ) y el volumen repuesto en el riego. Sin embargo, Contreras & Pinto (1973), citados por Felmer & Ortiz, (1997) dicen que en el periodo de brotación a floración, los requerimientos hídricos no superan el 3% del total de la temporada, lo que está satisfecho con el riego de ese periodo (comparar con figura 9). Además, la figura 10 muestra un adecuado contenido de agua en el suelo para ese momento y el potencial hídrico no acusa ningún déficit.

También se observa una diferencia después de la semana 5, la cual aumenta hacia el final de la temporada. Sin embargo, ni el potencial hídrico ni el contenido de humedad de suelo acusan un déficit hídrico para dicho periodo.

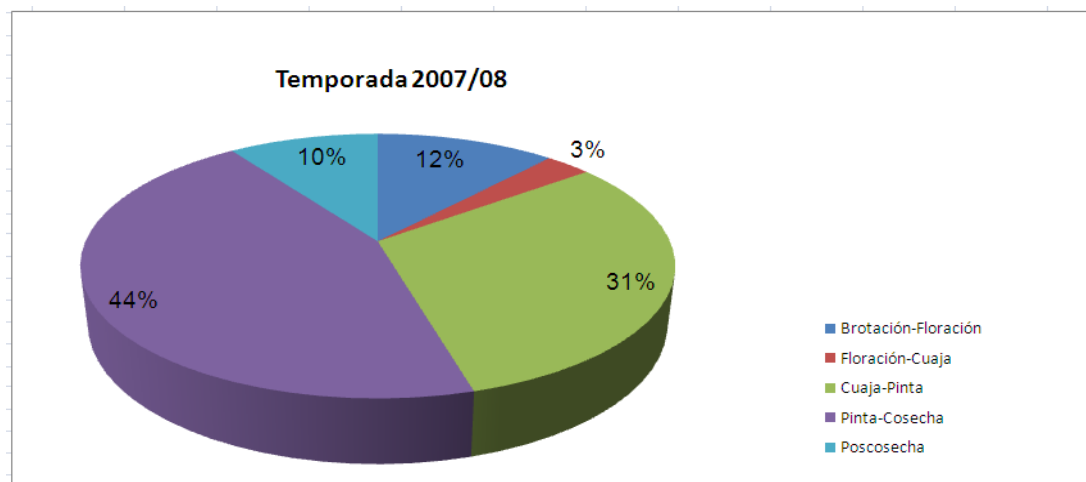


Figura 10. Distribución del agua aplicada según fenología, , 2007/08. Fuente, Layana & Sekul, 2009.

La figura 9 muestra la distribución del volumen total de riego de acuerdo al estado fenológico de las plantas (los volúmenes por tratamiento se muestran en el anexo 2). De acuerdo a Contreras & Pinto (1973), citado por Felmer & Ortiz,

1997 la vid consume un 10% del total de agua requerido en la temporada entre floración y fecundación; de fecundación a pinta utiliza el 43%; y de pinta a madurez de cosecha, cerca del 45% de la necesidad total de la temporada.

Por lo tanto, de acuerdo a lo expresado por Contreras & Pinto (1973, citado por Felmer & Ortiz, 1997) habría un déficit, respecto de lo que la planta requiere, en los volúmenes aplicados en floración-cuaja y entre cuaja y pinta, que aunque no se observan en las curvas de potencial hídrico, deberían expresarse en el rendimiento final. Al respecto, Selles & Ferreyra (S/A) dicen que este periodo (desde floración hasta pinta) es crítico desde el punto de vista de manejo del agua, ya que corresponde a un periodo de intensa división y elongación celular. La fruta en este periodo alcanza cerca del 80% de su tamaño final, por lo cual un estrés en este periodo afectara el tamaño final del fruto y es irrecuperable.

#### **4.2.2 Agua en el suelo**

La evolución del contenido de humedad del suelo durante la temporada mostró el comportamiento esperado en los tratamientos 1, 2 y 3 (luego de la semana 4) y en T4 luego de la semana 47, es decir, se puede observar un consumo de las reservas del suelo por parte de la planta (Figura 11) y a su vez, las plantas expresan este comportamiento en las curvas de potencial hídrico (Figura 4). Esto ocurre a pesar de que las figuras 12, 13 y 14 muestran una saturación gran parte del periodo de estudio.

La alta variabilidad, que muestra la figura 11, puede deberse al escaso volumen de suelo medido donde cualquier anomalía como piedras pequeñas, separación entre el suelo y las paredes del tubo de acceso, pequeñas raíces o grietas pueden tener gran influencia en el resultado final del contenido de agua del suelo (Araya, 2009).

Sin embargo, varios autores señalan que funcionalmente el empleo de este tipo de sondas o sensores de humedad parece ser más efectivo que el empleo de tensiómetros, fundamentalmente porque la sonda proporciona medidas continuas a lo largo del perfil (una medida cada 10cm), no existiendo el problema de vaciado de los tensiómetros cuando se seca el suelo, (Hidalgo, et al 2003, citado por Araya, 2009).



Es necesario mencionar que los datos de humedad para T4, no son representativos a partir de la semana 5 (periodo de cosecha), ya que no se cambió la lateral en la línea de medición de humedad de suelo. Es decir, luego de cosecha, los T4 de cada bloque se regaron igual que T1 (100% riego), pero en la línea de medición de humedad de suelo, el T4 continuó recibiendo solo el 47% del riego. Por lo tanto, este hecho invalida los datos de humedad de suelo para T4 durante el periodo posterior a cosecha.

Como se trata de un suelo poco profundo, las curvas muestran un comportamiento similar unas con otras, en un mismo tratamiento. En cambio, Mutarello (Datos no publicados), quien estudió un suelo profundo (aproximadamente 1 m) observó una importante variabilidad en la humedad del suelo según el perfil.

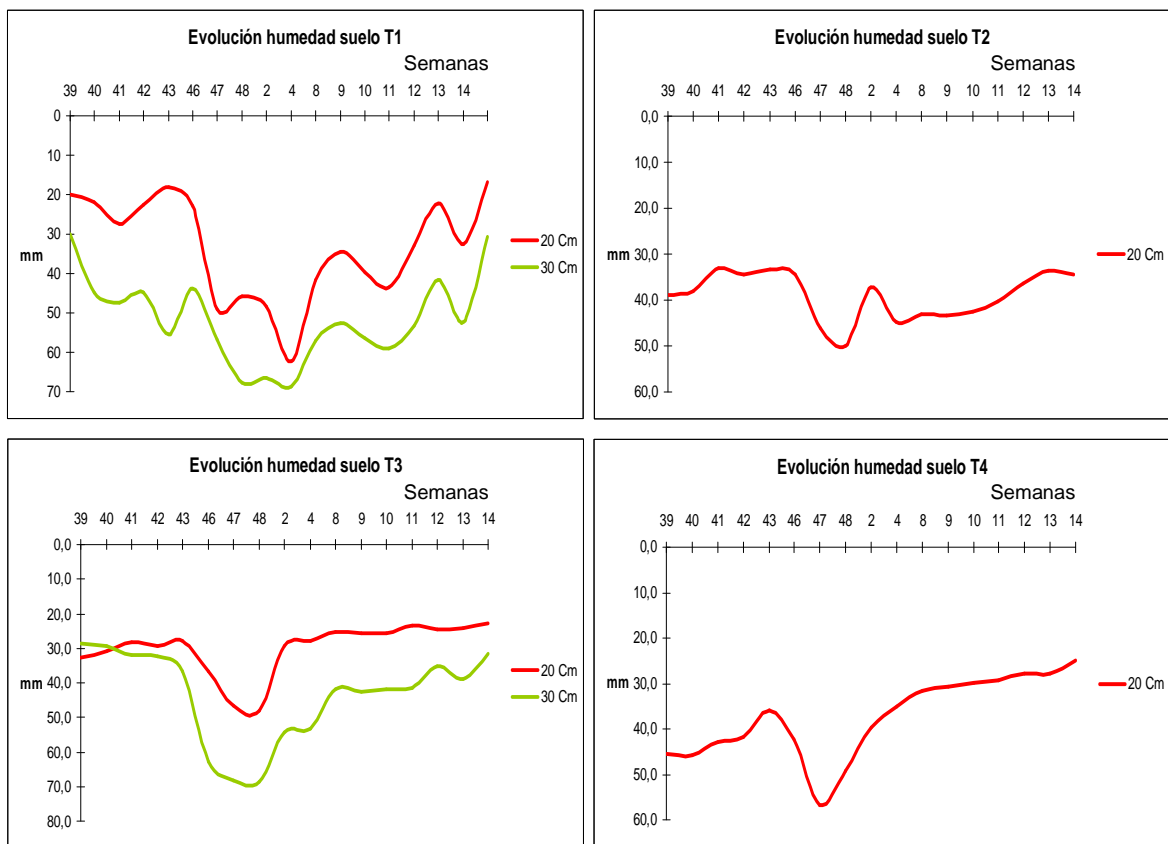


Figura 11. Variación de la humedad de suelo en todos los tratamientos, cada 10 cm. de profundidad, fundo San Antonio Temporada 2007/08.

A pesar que la profundidad de la medición es la misma (10 cm), en las capas superiores (10 a 20 cm) se evidencia una mayor fluctuación del contenido de humedad, con respecto a las capas inferiores (20 a 30 cm). Esto se debe que las capas superiores están más expuestas a las variables atmosféricas y por lo tanto el agua se evapora con mayor rapidez.

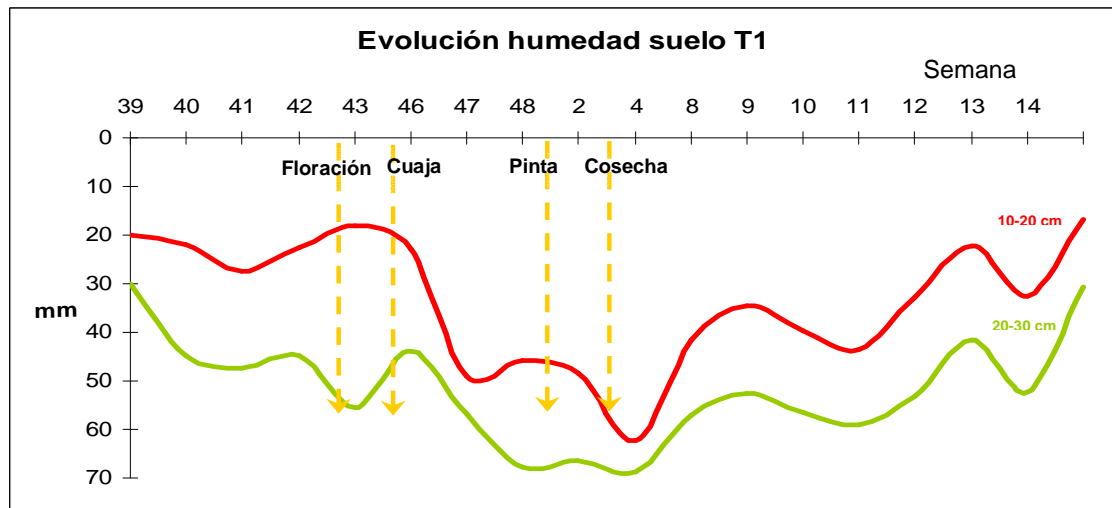


Figura 12. Variación del contenido de humedad del suelo en T1

La figura 12 muestra la evolución del contenido de humedad del suelo durante toda la temporada para T1. Además, muestra una línea segmentada que indica el nivel de humedad al que se alcanza el punto de marchitez permanente (PMP), que corresponde aproximadamente a 15 mm y una Humedad déficit (Hd) de 12,6 mm (Anexo 4). Aquí se observa la saturación del suelo entre los 20 y 30 cm de profundidad durante toda la temporada. Para la estrata media (10 a 20 cm), se observa saturación a partir de la semana 47, correspondiente al periodo de crecimiento de bayas. Antes de la semana 47, los niveles de humedad en esta estrata se mantienen dentro de lo normal (mayor que PMP y menor que CDC).

El comportamiento de la humedad de suelo en T1 indica un riego por exceso durante toda la temporada, lo que explica lo observado por Araya (2009) diciendo que las partes más profundas del suelo presentan raíces finas y escasas, no más allá de los 25 cm de profundidad, de color negro y rojizo al

interior, lo que indica que están sometidas a deficiencias de oxígeno producto de la saturación

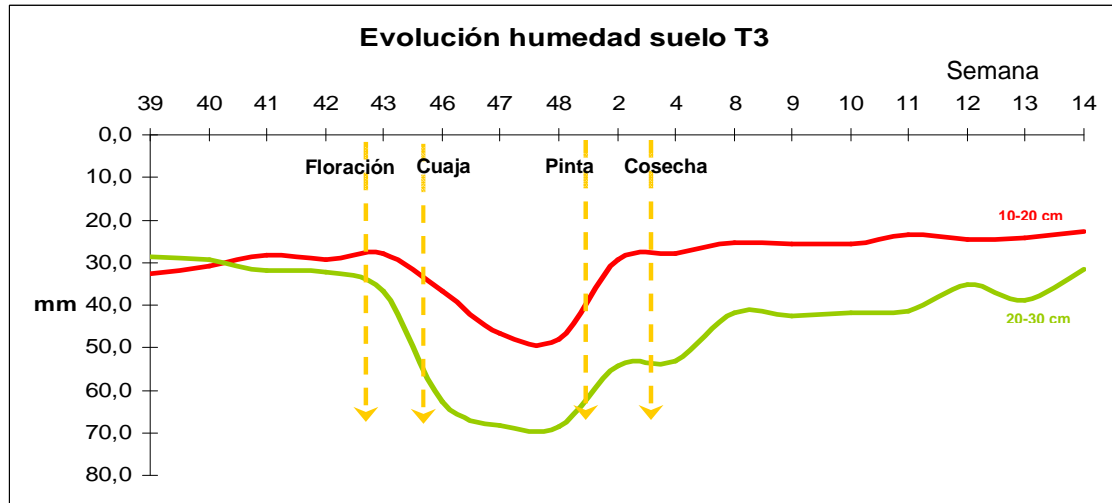


Figura 13. Variación del contenido de humedad del suelo en T3.

La figura 13 muestra que existe dicha saturación, también para T3, desde la semana 43 hasta la 12 entre los 20 y 30 cm de profundidad.

Sin embargo, solo se observó saturación desde la semana 46 hasta la 50, entre los 10 y 20 cm de profundidad. Es decir, este tratamiento tuvo una mejor condición de humedad de suelo durante gran parte del periodo más crítico (brotación-floración).

Este tratamiento (T3) permaneció la mayor parte del periodo con un nivel de humedad favorable para el desarrollo de las raíces, lo que favorece los buenos rendimientos en comparación a T1.

La figura 14 muestra la evolución del contenido de humedad en T2. Aquí se observa solamente la estrata de 10 a 20 cm de profundidad, cuya humedad no bajó de los 30,6 mm (CDC calculado según Araya, 2009), es decir, permaneció saturada todo el tiempo que duró el ensayo. Esto podría explicar, en parte, los bajos rendimientos de T2, ya que se sabe que en condiciones de exceso de agua las plantas son afectadas en sus procesos esenciales, ya que el oxígeno es indispensable para la respiración de las raíces y la absorción de nutrientes.

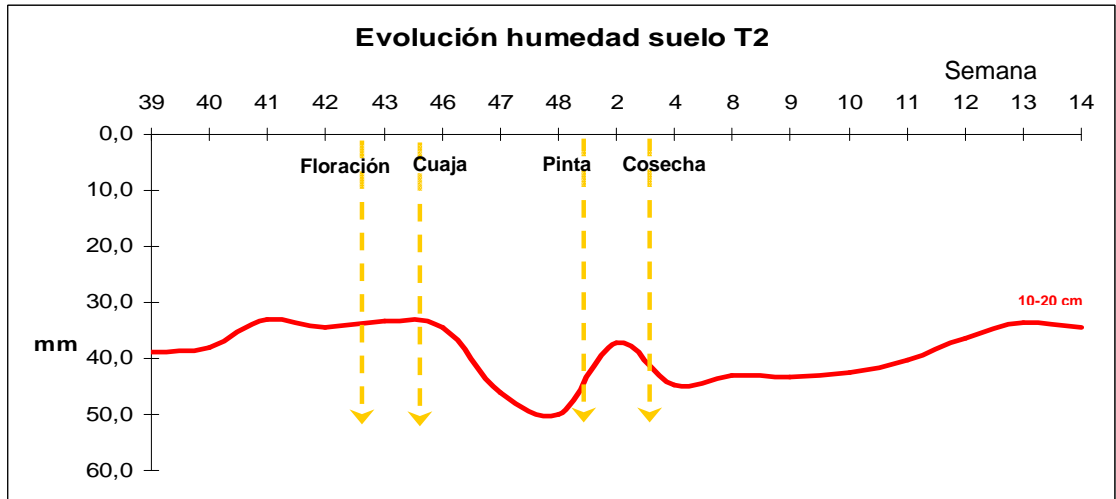


Figura 14. Variación del contenido de humedad de suelo en T2

## 5. CONCLUSION

A pesar de que se observaron diferencias significativas en los potenciales entre los tratamientos las semanas 41, 43, 46 y 51 los valores se mantuvieron dentro del rango considerado libre de estrés para esta especie y variedad (-0,6 a -0,9 Mpa), hasta después de pinta (semana 3 y 4), donde los valores disminuyeron bajo los -0,9 Mpa en todos los tratamientos. Sin embargo, esta disminución no tuvo efecto en los componentes del rendimiento, ya que ocurrió después de pinta, periodo en que estos componentes son poco sensibles al déficit.

Los momentos en que se observó diferencias significativas entre los potenciales, coinciden con momentos en que la  $ET_0$  acumulada fue alta con respecto al riego y/o con momentos en que la condición de humedad en el suelo no fue favorable para las raíces.

El comportamiento del potencial hídrico durante la temporada, en todos los tratamientos fue similar, mostrando una tendencia a disminuir los valores de potencial lo que indica una reducción en el suministro de agua del suelo producto del consumo de las reservas por parte de las plantas.

El contenido de humedad de suelo, al igual que las curvas de potencial hídrico, mostró una tendencia a la disminución durante la temporada (a pesar de la saturación), excepto T1, producto del consumo por parte de las plantas y la atmósfera. En T1 esta tendencia se mostró a partir de la semana 4 hasta el final de la temporada.

El contenido de humedad en T1 entre los 10 y 30 cm de profundidad, así como también en T2, el cual estuvo saturado toda la temporada, evidenciando un riego por exceso en ambos tratamientos. El contenido de humedad de suelo en T3 se mostró como el más adecuado, ya que, entre los 20 y los 30 cm, la curva permaneció entre PMP y CDC casi todo el periodo.

Aunque la diferencia entre la reposición hídrica de T1 es grande con respecto a T3, el comportamiento del potencial hídrico xilemático muestra que en los periodos de mayor demanda atmosférica (semanas 3 y 4), no hay diferencia entre ellos. Incluso T3 parece regular de mejor manera su estado hídrico que T1, lo que coincide con las curvas de humedad de suelo.

La calidad de la producción de T3 fue similar a T1, lo cual indica que es posible un ahorro del 47% del agua de riego sin afectar los rendimientos.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- ACEVEDO C, S. ORTEGA-FARÍAS, C. HIDALGO, Y. MORENO y F. CÓRDOVA. 2005. Efecto de diferentes niveles de agua aplicada en poscujaja y en pospinta sobre la calidad del vino cv. Cabernet Sauvignon. *Agricultura Técnica (Chile)*, 65(4):397-410 (Octubre-Diciembre).
- COPEC. 2005. Rutas de Chile. Turismo y comunicaciones S.A. Una empresa COPESA.58p.
- ARAYA K. caracterización de suelos y heterogeneidad de sus propiedades físico hídricas en ensayos de validación de riego en vid de mesa (*Vitis vinifera* L.) cv Thompson Seedless en camarico y el palqui, Limarí, Chile. Tesis ingeniero agrónomo, Universidad de La Serena. 192p.
- BOYER J. 1995. Measuring the water status of plants and soil. Academic press, San Diego. [en línea]: <  
[www.springerlink.com/content/71x1145u346885p0/fulltext.pdf?page=1](http://www.springerlink.com/content/71x1145u346885p0/fulltext.pdf?page=1)>  
[Consultado el 11 de diciembre del 2008].
- BRANDFORD K, & T. HSIAO. 1982. Stomatal Behavior and Water Relations of Waterlogged Tomato Plants. *Plant Physiol.* 1982 November; 70(5): 1508–1513.
- CALDENTEY J. 1987. Distritos Agroclimáticos de la IV Región. CONAF Santiago, Chile. 76p.
- CAMPOSANO, M. 2008. Efecto del riego en el desarrollo, calidad y producción de Thompson Seedless, El Palqui temporada 2007/08. Seminario: Agrometeorología como herramienta para el manejo del riego y su impacto en la producción frutícola. SIAR Limarí, El Palqui,(Agosto 2008), 5p.
- CIFRE J, J. BOTA, J.M. ESCALONA, H. MEDRANO, J. & FLEXAS. 2005. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.) An open gate to improve water-use efficiency?. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 106 159–170.
- CIREN (CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES) 2007. Catastro frutícola, principales resultados IV Región. ODEPA-CIREN, Santiago de Chile. 40p.

- DAVIES W, S. WILKINSON & B. LOVEYS. 2002. Stomatal control by chemical signalling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. *New Phytologist*. Volume 153, Nº 3 (March 2002): 449-460.
- DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE. [en línea] <[http://www.meteochile.cl/climas/climas\\_cuarta\\_region.html](http://www.meteochile.cl/climas/climas_cuarta_region.html)> [consulta: 12 noviembre 2007].
- DOWNTON W, B LOVEYS & W. GRANT. 1988. Non uniform stomatal closure induced by water stress causes putative non stomatal inhibition of photosynthesis. *New phytologist*. Vol 110, issue 4: 503-509.
- DRY P & B. LOVEYS. 1998. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. [En línea]: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/120143785/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>> [Consulta 3 febrero 2009].
- DRY P & B. LOVEYS. 2000. Partial rootzone drying (PDR): irrigation technique for sustainable viticulture and Premium quality grapes. [En línea] <<http://www.wynboer.co.za/recentarticles/040root.php3>>. [Consulta: 27 enero 2009].
- ESCAFF M, P. GIL, R. FERREYRA, P. ESTAY, A. BRUNA, P. MALDONADO Y C. BARRERA. 2005. Cultivo del tomate bajo invernadero. Instituto de investigaciones agropecuarias (INIA). Boletín INIA Nº 128. La Cruz Chile. 79p.
- FELMER S. Y A. ORTIZ. 1997. Respuestas de la vid (*Vitis vinifera* L) cv. Sultanina a diferentes regimenes de agua y fertilización. Tesis ingeniero agrónomo. Universidad mayor. 93p.
- FERREYRA, R. G. SELLES Y L. BURGOS. 1998. Frutales: riego deficitario controlado. Instituto de investigaciones agropecuarias. Centro de investigación regional La Platina. Boletín INIA Nº 70. Santiago de Chile. 66p.
- FERREYRA R, G. SELLES Y I. SELLES. 2001. Riego deficitario controlado en uva de mesa. Instituto de investigaciones agropecuarias (INIA). Boletín INIA Nº 60. Santiago de Chile. 44p.
- FERREYRA R, G. SELLES, R Y G. LEMUS. 2002. Efecto del estrés hídrico durante la fase II de crecimiento del fruto de duraznero cv. Kakamas en el



- rendimiento y estado hídrico de las plantas. Agricultura técnica (Chile), 62(4):565-573 (octubre-diciembre).
- FERREYRA, R. Y G. SELLES. 2003. Aspectos a tener en cuenta para manejar el riego en el cultivo del palto. Boletín INIA (Instituto de investigaciones agropecuarias). [en línea]<<http://alerce.inia.cl/docs/presentaciones/Doc009RFE.pdf>>. [Consulta 15 diciembre 2008].
  - FERREYRA R, G. SELLES, R. RUIZ Y I SELLES. 2003. Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos períodos de desarrollo de la vid cv. Chardonnay en la producción y calidad del vino. Agricultura Técnica (Chile), 63(3):277-286 (Julio-Septiembre).
  - FERREYRA R Y G. SELLES. 2005. Manejo de riego en vides. INIA (Instituto nacional de investigación agropecuaria). La Platina. Santiago. Chile.
  - FERREYRA R, G SELLES, P MALDONADO, J ZELEDÓN Y P GIL. 2007. Efecto del clima, de las características de la hoja y de la metodología de medición en el potencial hídrico xilemático en palto. Agricultura Técnica (Chile), 67(2):182-188 (abril-junio).
  - FERREYRA R, G. SELLES, H. SILVA, R. AHUMADA, I. MUÑOS Y V. MUÑOS. 2006. Efecto del agua aplicada en las relaciones hídricas y productividad de la vid 'Crimson Seedless'. [en línea]. Pesquisa agropecuaria brasileira vol.41 no.7 Brasília July.<[www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100204x2006000700006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100204x2006000700006&script=sci_arttext)> [consulta: 14 noviembre 2007]
  - FERREYRA R Y G. SELLES. S/A. Criterios para controlar el riego en uva de mesa. INIA, Instituto de investigaciones agropecuarias. [En línea] <<http://www.uvademesa.cl/index2.htm#>>. [Consulta: 27 enero 2009].
  - GUERRA, A. 2009. La guerra del agua cada vez mas cerca. Vildósola, P. Revista del campo, El Mercurio. 26 enero 2009. Reportaje central: 6-7.
  - GUROVICH L. 1997. Riego Superficial Tecnificado un libro de texto para la agricultura. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
  - ITRIGLIOLO D., P. FERRER & J. CASTEL. 2007. Monitorización del riego en vid, Capitulo 3. [En línea]<<http://www.people.cornell.edu/pages/dsi5/Intrigliolo%20et%20al.%202007%2>

0(Monitorizacion%20del%20riego%20en%20vid).pdf> [Consulta: 15 diciembre 2008].

- LAYANA, A & J. SEKUL. 2009. Efecto de diferentes regímenes de riego en el desarrollo y productividad de vid de mesa cv. Thompson Seedless, en dos sectores de la cuenca del Limarí, segunda temporada de validación. Tesis ingeniero agrónomo. Universidad de La Serena. 121p.
- JEREZ J. Y L. ORTEGA. 1996. Riego y drenaje en praderas. RUIZ I. Praderas para Chile, Segunda edición. Instituto de investigaciones agropecuarias (INIA) Chile. Ministerio de agricultura. 735p.
- LÓPEZ V. 2005. Respuestas fisiológicas en uva de mesa cultivar Crimson Seedless sometidas a déficit hídrico. Tesis Ingeniero agrónomo. Escuela de Agronomía. Universidad de Chile. 64p.
- LOVEYS B, P DRY, M. STOLL & M. McCARTHY. 2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. Acta Hort. (ISHS) 537:187-197.
- MARTINEZ, A., P. ROMERO Y J. FERNANDEZ. 2007. Técnicas de riego deficitario en el cultivo de la vid. Dossier, num 244 marzo 2007. [En línea]< <http://www.eumedia.es/user/articulo.php?id=332>> [Consulta: 27 Enero 2009].
- MATTHEWS M. & M. ANDERSON. 1988. Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: Responses to seasonal water deficits. American J. Enology and Viticulture. Vol 39 (4): 313-320.
- MATTHEWS M. & M. ANDERSON. 1989. Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): Responses to seasonal water deficits. American J. Enology and Viticulture. vol 40 (1):52-60.
- MONTEDONICO J. 2001. Riego deficitario controlado en palto (Cv Hass) para la zona de Quillota. Taller de licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Valparaíso, 68p.
- MUTARELLO D. Datos no publicados. Caracterización del potencial hídrico xilemático en vid de mesa (*Vitis vinifera*) cultivar Thompson Seedless, bajo diferentes niveles de reposición hídrica en la localidad de Camarico, Provincia del Limarí. Tesis ingeniero agrónomo. Universidad de La Serena. 70p.

- NAOR A. (2000). Midday stem water potential as a plant water stress indicator for irrigation scheduling in fruit trees. III International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. Acta Horticultural 537.
- OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS (ODEPA). 2008. Sistema de Consulta Estadístico Territorial (i-CET).Cifras Censo 2007 [en línea] <<http://icet.siigsa.cl/>> [consulta: 14 octubre 2008]
- ORTEGA-FARIAS, S. R., SALAZAR Y Y. MORENO. 2007. Efecto de distintos niveles de poda y reposición hídrica sobre el crecimiento vegetativo, rendimiento y composición de bayas en vides cv. Cavernet Sauvignon. Agricultura Técnica. Chile. 67(4): 401-413.
- PONI S, A. LAKSO, J. TURNER & R. MELIOUS. 1993. Interactions of crop level and late season water stress on growth and physiology of field-grown concord grapevines. Am. J. Enol. Vitic. 45:2:252-258 (1994).
- ROCK C & J. ZEEVAART. 2000. Acido abscísico. AZCON J & M TALON. Fisiología y bioquímica vegetal. Editorial interamericana McGraw-Hill. Madrid. España. 581p.
- RUIZ M. 2005. Manejo agronómico de la vid para producir vinos de calidad excepcional en el concepto de terruño y diploma en tecnología agroforestal. Proyecto de título, facultad de Agronomía e ingeniería forestal Pontificia Universidad Católica de Chile. 21p.
- SALISBURY F, & C ROOS. 1995. Fisiología de las plantas. Editorial paraninfo. Madrid. España. 993p.
- SÁNCHEZ M, Y J AGUIRREOLEA. 2000. Relaciones hídricas. AZCON J & M TALON. Fisiología y bioquímica vegetal. Editorial interamericana McGraw-Hill. Madrid. España. 581p.
- SCHULTZ H & M MATTHEWS. 1988. Vegetative growth distribution Turing water déficits in Vitis vinifera L. *Australian Journal of Plant Physiology* 15(5) 641 – 656.
- SELLES G, Y R. FERREYRA. S/A. Criterios para controlar riego en uva de mesa. Boletín INIA (Instituto de investigaciones agropecuarias). [en línea]< <http://www.uvademesa.cl/ARCHIVOS%20PDF/Programacion%20y%20contro%20de%20riego%20uva%20de%20mesa.pdf>>. [Consulta 15 diciembre 2008].

- SELLES G, R FERREYRA, Y I. SELLES. 2000. Riego. J. VALENZUELA. Uva de mesa en Chile. INIA (Instituto de investigaciones agropecuarias) Santiago, Chile. 338p.
- SELLES G, R FERREYRA, Y P MALDONADO, 2002, Cámara de presión. INIA (Instituto nacional de investigación agropecuaria). [en línea]<<http://www.uvademesa.cl/ARCHIVOS%20PDF/Boma%20de%20presion%20hidrica%20%20G%20Selles.pdf>> [Consulta 11 diciembre 2008].
- SELLES G, R FERREYRA, G. CONTRERAS, R. AHUMADA, J. VALENZUELA Y R. BRAVO. 2003. Manejo de riego por goteo em uva de mesa cv. Thompson Seedless cultivada em suelos de textura fina. Agricultura técnica (Chile), 63(2):180-192 (Abril-Junio 2003).
- SIAR. 2008. Sistema interactivo de apoyo al riego. Limari. [En línea] <<http://www.siar.cl>>. [consulta: julio 2008].
- TUDELA, D. Y F. TADEO. 2000. Respuesta y adaptaciones de las plantas al estrés. . AZCON J & M TALON. Fisiología y bioquímica vegetal. Editorial interamericana McGraw-Hill. Madrid. España. 581p.
- VEGA P. 2001. Efecto de cuatro niveles de reposición hídrica post-pinta, sobre variables fisiológicas, componentes del rendimiento, crecimiento y en la calidad de las bayas en *Vitis Vinifera* cv. Cabernet Sauvignon. Tesis Escuela de Agronomía, Universidad de Talca. Chile. 33p.
- WACKER, B., 2002. What is TDR and FDR exactly?. [en línea] <<http://www.sowacs.com/sensors/whatistdrfdr.html>> [consulta: 15 diciembre 2008].
- WAMPLE R. 2000. Regulated deficit irrigation as a water Management strategy in *Vitis vinifera* production. FAO. Deficit irrigation practices. [En línea] <<http://www.fao.org/docrep/004/Y3655E/y3655e12.htm#1>>. [Consulta: 27 enero 2009].
- ZEGBE J, M. BEHBOUDIAN & B. CLOTHIER. 2006a. Respuesta del tomate para proceso al riego parcial de la raíz. Terra Latinoamericana 25: 61-67.
- ZEGBE J, A. SERNA & A. BRAVO. 2006b. Riego parcial de la raiz en manzano “Golden delicious” en un ambiente semiárido. Rev. Fitotec- Mex. Vol 29 (Num especial 2): 69-73.

# **ANEXO**

Anexo 1. Ubicación lugar de estudio



Fuente. COPEC, 2005.

Anexo 2. Volúmenes aplicados por tratamiento y Evapotranspiración potencial de los periodos fenológicos del cv. Thompson Seedless periodo 2007/08.

Semana	Fecha	DDAF	Fenología	Riego m3/ha/día				ET <sub>0</sub> m3 (interriego)
				T1	T2	T3	T4	
40	01-oct	61	Brote 80 cm.	78,4	58,8	39,2	78,4	47,6
41	08-oct	68		89,6	67,2	44,8	89,6	340,1
42	16-oct	76		134	100,5	67	134	391,6
43	22-oct	82	Floración	156,8	117,6	78,4	156,8	358,6
44	29-oct	89		156,8	117,6	78,4	156,8	383,3
45	05-nov	96	Cuaja y crecimiento de bayas	156,8	117,6	78,4	156,8	355,6
46	12-nov	103		156,8	117,6	78,4	156,8	377,8
46	16-nov	107		156,8	117,6	78,4	156,8	255,4
47	20-nov	111		156,8	117,6	78,4	156,8	274,4
47	24-nov	115		156,8	117,6	78,4	156,8	235,7
48	28-nov	119		156,8	117,6	78,4	156,8	224,2
49	02-dic	123		156,8	117,6	78,4	156,8	236,6
49	06-dic	127		156,8	117,6	78,4	156,8	243,4
50	10-dic	131		179,2	134,4	89,6	179,2	238,5
50	14-dic	135		179,2	134,4	89,6	179,2	257,7
51	18-dic	139	Envero	179,2	134,4	89,6	179,2	225,8
51	22-dic	143		179,2	134,4	89,6	89,6	219,4
52	26-dic	147		179,2	134,4	89,6	89,6	238,8
52	30-dic	151		179,2	134,4	89,6	89,6	239,9
1	04-ene	156		156,8	117,6	78,4	78,4	302,5
2	08-ene	160		156,8	117,6	78,4	78,4	264,2
2	12-ene	164		156,8	117,6	78,4	78,4	258,3
3	16-ene	168		156,8	117,6	78,4	78,4	260,8
3	20-ene	172		156,8	117,6	78,4	78,4	250,6
4	24-ene	176		Maduración y cosecha	156,8	117,6	78,4	78,4
5	28-ene	180	156,8		117,6	78,4	78,4	237,9
5	01-feb	184	156,8		117,6	78,4	78,4	218,5
6	05-feb	188	134,4		100,8	67,2	67,2	231,7
6	09-feb	192	134,4		100,8	67,2	67,2	244,5
7	16-feb	199	Poscosecha	156,8	117,6	78,4	78,4	441,5
8	23-feb	206		134,4	100,8	67,2	67,2	408,7
9	01-mar	213		134,4	100,8	67,2	67,2	404
10	07-mar	219		134,4	100,8	67,2	67,2	352,9
12	20-mar	232		134,4	100,8	67,2	67,2	687,8
14	04-abr	247		44,8	33,6	22,4	22,4	724
16	18-abr	261		201,6	151,2	100,8	100,8	609,2
			Receso	0	0	0	0	0

Fuente. Layana & Sekul, 2009.

Anexo 3. Análisis de Varianza y test de Duncan

Semana 41

**ANOVA**

sem41

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5,239	3	1,746	13,440	,001
Within Groups	1,299	10	,130		
Total	6,539	13			

**sem41**

Duncan<sup>a,b</sup>

Tratamiento	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1	4	3,9750		
2	3		4,6500	
4	4			5,3875
3	3			5,4000
Sig.		1,000	1,000	,965

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,429.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.



Semana 43

ANOVA

sem43

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7,875	3	2,625	41,913	,000
Within Groups	,626	10	,063		
Total	8,501	13			

sem43

Duncan<sup>a,b</sup>

Tratami ento	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
4	4	6,0250		
1	3	6,3667		
3	3		7,1400	
2	4			7,8750
Sig.		,104	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,429.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Semana 46

ANOVA

sem46

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,988	3	,329	3,770	,059
Within Groups	,699	8	,087		
Total	1,687	11			

sem46

Duncan<sup>a,b</sup>

Tratami ento	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	5,9000	
3	2	6,1750	6,1750
2	3		6,5500
4	4		6,5750
Sig.		,301	,161

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,824.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Semana49

ANOVA

sem49

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,689	3	,230	,982	,443
Within Groups	2,104	9	,234		
Total	2,792	12			

Semana 51

ANOVA

sem51

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,650	3	,550	5,985	,010
Within Groups	1,103	12	,092		
Total	2,754	15			

sem51

Duncan<sup>a</sup>

Tratami ento	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	4	6,6625	
4	4	6,7750	
1	4		7,2875
2	4		7,4125
Sig.		,609	,571

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Semana 3

ANOVA

sem3

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,612	3	,871	,973	,452
Within Groups	7,158	8	,895		
Total	9,770	11			

## Semana 4

### ANOVA

sem4

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,476	3	,825	1,003	,431
Within Groups	8,229	10	,823		
Total	10,704	13			

## Semana 6

### ANOVA

sem6

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,114	3	,038	,207	,890
Within Groups	2,021	11	,184		
Total	2,135	14			

## Semana 8

### ANOVA

sem8

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,097	3	,032	1,188	,374
Within Groups	,218	8	,027		
Total	,316	11			

Semana 11

ANOVA

sem11

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,907	3	,969	5,065	,025
Within Groups	1,722	9	,191		
Total	4,629	12			

sem11

Duncan<sup>a,b</sup>

Tratami ento	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1	3	6,0667		
4	3	6,5333	6,5333	
3	4		6,9875	6,9875
2	3			7,3667
Sig.		,210	,222	,301

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,200.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

#### Anexo:4 Resultados Propiedades Físicas Palqui

Nº calicata	Tratamiento	Prof. (cm)	Pedreg. (%)	Da cilindro (g/cm3)	Da terrón (g/cm3)	CDC (%)	PMP (%)	Ha (cm)
1	B1T2E1	20	20	1,4	1,4	33,22	16,38	3,77
	B1T2E2	25	15		1,45	35,59	17,38	5,61
	B1T2E3	30	10		1,51	31,91	16,77	6,17
2	B1T1E1	25	10	1,4	1,4	31,91	15,87	5,05
	B1T1E2	50	5		1,26	28,15	15,15	7,78
	B1T1E3	20	5		1,16	26,28	13,55	2,81
3	B1T3E1	20	15	1,39	1,39	28,15	16,12	2,84
	B1T3E2	25	10		1,43	26,28	14,33	3,84
4	B1T4E1	20	25	1,33	1,33	26,26	16,4 no se hizo	1,97
	B1T4E2	15	20		1,32	no se hizo	hizo	0,00
5	B2T2E1	25	15	1,42	1,42	25,62	12,67	3,91
6	B2T4E1	30	15	1,41	1,41	27,53	12,04	5,57
7	B2T3E1	10	15	1,34	1,34	26,28	14,29	1,37
	B2T3E2	10	40		1,42	22,55	13,33	0,79
8	B2T1E1	20	15	1,36	1,36	33,22	17,54	3,63
	B2T1E2	35	10		1,34	35,81	14,43	9,02
9	B3T3E1	20	20	1,33	1,33	37,15	16,3	4,44
	B3T3E2	40	10		1,42	38,03	18,57	9,95
10	B3T4E1	20	15	1,36	1,36	28,47	13,33	3,50
	B3T4E2	45	10		1,47	36,47	18,7	10,58
11	B3T2E1	20	25	1,4	1,4	38,69	19,16	4,10
	B3T2E2	40	30		1,47	37,74	17	8,54
12	B3T1E1	25	15	1,38	1,38	31,03	15,18	4,65
13	B4T3E1	20	15	1,45	1,43	34,55	15,22	4,70
	B4T3E2	40	15		1,44	36	18,06	8,78
14	B4T4E1	20	20	1,53	1,53	29,57	14,07	3,79
	B4T4E2	20	20		1,39	31,88	15,06	3,74
	B4T4E3	35	70		1,31	22,48	12,19	1,42
15	B4T2E1	20	20	1,32	1,32	34,8	16,72	3,82
	B4T2E2	40	15		1,55	36,42	18,44	9,48
16	B4T1E1	40	30	1,45	1,45	34,15	16,72	7,08
17	B5T4E1	25	15	1,34	1,38	33,81	11,45	6,56
	B5T4E2	45	25		1,4	31,75	10,86	9,87
18	B5T3E1	40	25	1,43	1,43	32,7	15,63	7,31
	B5T3E2	20	70		1,32	32,52	16,06	1,30
	B5T3E3	40	5		1,39	24,45	16,57	4,16
19	B5T1E1	25	20	1,28	1,28	26,99	14,68	3,15
	B5T1E2	20	20		1,46	27,08	14	3,06
20	B5T2E1	25	15	1,33	1,33	27,07	15,26	3,33
	B5T2E2	30	15		1,36	27,08	15,28	4,09

Fuente: Araya, K, 2008. "CARACTERIZACION DE SUELOS Y HETEROGENEIDAD DE SUS PROPIEDADES FISICO HIDRICAS EN ENSAYOS DE VALIDACION DE RIEGO EN VID DE MESA (VITIS VINIFERA L.) CV THOMPSON SEEDLESS EN CAMARICO Y EL PALQUI, LIMARI, CHILE"

Anexo 5. ETo Octubre 2007 a abril 2008

Día	ET <sub>0</sub> (mm/día)						
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	4,76 *	4,71	6,65	6,11	5,76	5,86	4,72
2	4,81*	5,12	6,07	4,57	5,38	6,06	4,39
3	4,52 *	5,86	5,93	6,23 *	5,99	6,07	4,48
4	4,76 *	5,42	6,15	7,07 *	6,04 *	6,00	4,68
5	4,58 *	5,25	6,19	6,43 *	6,12 *	5,48	4,49
6	5,28 *	6,59	6,05	6,61 *	6,33 *	5,82	4,97
7	5,3 *	5,28	5,73	6,31 *	6,09 *	5,27	4,25
8	4,1 *	4,55	5,7	6,78 *	5,91 *	5,51	5,04
9	5,42 *	4,21	6,37	6,27 *	5,97 *	6,01	4,06
10	5,11 *	5,5	6,73	6,3 *	6,53 *	5,61	4,39
11	4,85 *	6,4	7,57	6,48*	6,06 *	5,19	4,49
12	5,5 *	6,74	6,53	5,89 *	6,35 *	5,29	4,58
13	4,46 *	5,96	4,94	6,58 *	6,53	4,44	4,11
14	4,89 *	6,71	5,73	6,89 *	6,17	5,59	4,14
15	4,83 *	6,13	5,53	6,72	6,54	5,17	3,46
16	7,11 *	5,99	5,54	5,86	6,12	5,16	3,76
17	5,16 *	6,4	5,78	6,34 *	6,02	5,41	4,5
18	5,88 *	6,92	5,16	6,26 *	6,4	5,30	4,48
19	6,12 *	8,13	5,32	6,60	5,75	4,83	4,69
20	5,86 *	6,07	5,64	6,30	5,27	5,26	3,73
21	5,73 *	5,82	5,82	6,20	5,58	4,88	3,19
22	5,14 *	5,85	6,05	5,50	5,73	4,88	3,25
23	6,62 *	5,83	5,78	6,51 *	5,97	4,72	3,76
24	4,86 *	5,16	6,66	6,15	5,99	4,97	3,79
25	6,12 *	5,46	5,39	6,31	5,59	4,99	2,74
26	5,65 *	5,93	5,11	5,88	5,7	5,23	3,35
27	4,99 *	5,87	6,44	5,45	5,72	4,89	2,99
28	4,95 *	5,53	6,1	5,81	5,81	4,72	3,44
29	5,35 *	5,93	6,34	5,78	5,62	4,70	2,7
30	4,66 *	5,55	6,57	4,33		4,73	3,41
31	4,44 *		6,77	5,93		4,84	

Datos obtenidos de la estación Sta. Rosa, sector El Palqui

## Anexo 6. Estaciones meteorológicas automáticas usadas para el ensayo

a) Estación meteorológica automática San Antonio. Perteneciente a la empresa FRUTEXPORT:

Marca: Davis

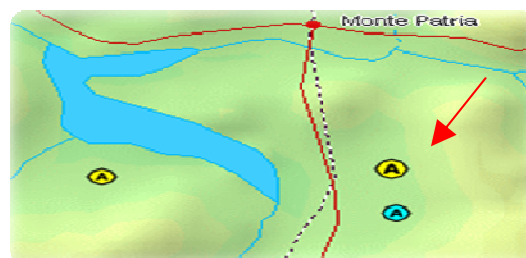
Modelo: Vantage

Ubicación: El Palqui, comuna de Monte Patria, Limarí. IV Región Coquimbo

Latitud: -30,753971

Longitud: -70,928374

Altitud: 458 m.



Datos históricos: desde 01 de noviembre del 2007.

Comunicación: Cableado

Transmisión: GPRS

Alimentación: Celda solar

Fuente. [www.siar.cl](http://www.siar.cl)



b) Estación meteorológica automática Santa Rosa Pertenece a la empresa ACONEX:

Marca: Campbel

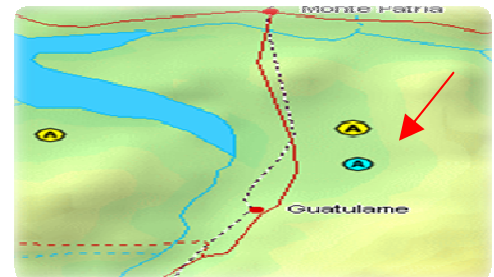
Modelo: CR-100

Ubicación: El Palqui, comuna de Monte Patria, Limarí. IV Región Coquimbo

Latitud: -30,774262

Longitud: -70,926846

Altitud: 500 m.



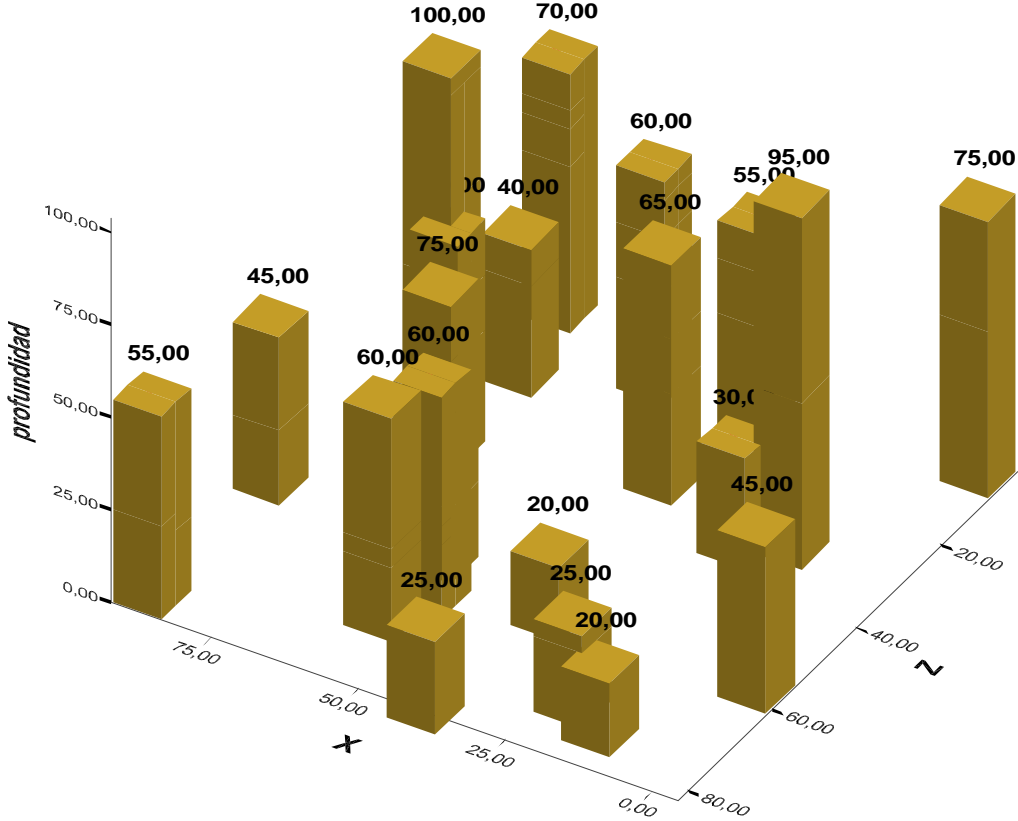
Datos históricos: desde 01 de marzo del 2007.

Comunicación: Cableado

Transmisión: GSM

Alimentación: Corriente-batería

Anexo 7. Variabilidad en profundidad del suelo. Sector de estudio. El Palqui



Fuente. Araya, 2009.

Anexo 8. Datos brutos entregados por la sonda la sonda FDR (DIVINER 2000)

Prof	Fecha	T1	T2	T3	T4
10 Cm	28/09/2007	1,79	11,37	17,38	18,25
	05/10/2007	1,81	11,33	15,25	18,59
	13/10/2007	1,65	9,39	12,38	8,36
	19/10/2007	1,66	9,87	13,11	12,83
	27/10/2007	2,00	11,11	12,19	10,30
	17/11/2007	16,02	10,37	13,95	9,49
	23/11/2007	17,00	15,88	20,63	16,16
	01/12/2007	16,81	18,84	18,44	12,79
	12/01/2008	44,00	9,73	12,15	9,08
	26/01/2008	22,55	31,18	11,03	8,72
	19/02/2008	19,55	36,88	9,94	8,72
	26/02/2008	20,11	31,96	10,15	8,33
	04/03/2008	21,95	30,61	9,49	7,70
	12/03/2008	18,10	27,02	9,39	8,04
	18/03/2008	9,45	19,70	10,01	8,33
	25/03/2008	17,52	14,64	10,08	8,04
	02/04/2008	7,95	17,04	10,41	8,33

Prof	Fecha	T1	T2	T3	T4
20 Cm	28/09/2007	20,84	29,41	26,84	32,42
	05/10/2007	24,45	28,91	25,60	32,48
	13/10/2007	21,21	26,07	24,11	30,86
	19/10/2007	18,35	26,78	24,79	30,23
	27/10/2007	21,47	26,13	24,00	27,02
	17/11/2007	38,43	26,84	29,28	30,54
	23/11/2007	36,39	33,67	35,57	38,71
	01/12/2007	37,93	35,91	36,39	34,48
	12/01/2008	47,00	28,42	24,85	29,03
	26/01/2008	33,61	32,94	23,94	26,54
	19/02/2008	29,03	31,96	22,33	24,45
	26/02/2008	32,42	32,02	22,61	23,94
	04/03/2008	34,82	31,51	22,61	23,49
	12/03/2008	27,87	30,23	21,10	23,21
	18/03/2008	21,05	27,93	21,79	22,39
	25/03/2008	27,75	26,43	21,63	22,33
	02/04/2008	17,62	26,78	20,63	20,73

<b>Prof</b>	<b>Fecha</b>	<b>T1</b>	<b>T3</b>
30 cm	28/09/2007	33,74	24,45
	05/10/2007	35,22	24,85
	13/10/2007	33,74	26,37
	19/10/2007	34,14	26,54
	27/10/2007	33,21	29,28
	17/11/2007	41,10	45,45
	23/11/2007	47,63	48,81
	01/12/2007	46,92	49,13
	12/01/2008	48,18	40,30
	26/01/2008	41,25	39,50
	19/02/2008	38,57	32,61
	26/02/2008	40,81	32,88
	04/03/2008	42,35	32,48
	12/03/2008	38,93	32,35
	18/03/2008	31,89	28,36
	25/03/2008	38,36	30,67
	02/04/2008	25,20	26,25

.Anexo 9. Datos brutos medidos de potencial hídrico xilemático.

Tratamiento	Bloque	Sem 41	Sem 43	Sem 46	Sem 49	Sem 51	Sem 3	Sem 4	Sem 6	Sem 8	Sem 11
1	I	3,85	5,85	5,5	8,15	6,55	8,9	9,95	5,5	6,2	5,9
1	II	4,25	6,25		7,5	6,95	8,9	8,6	6,2	5,8	5,95
1	III	4	6,45	6,15	9,8	7,4	10,9	11,55	4,8	6,5	5,1
1	IV	3,8	6,7	6,05	8,65	7,3	10,4	10,75	6,25	6,6	6,35
1	V	5,2	6,4	7,45	9,65	7,5	11	11,5	5,85	6,2	6,75
2	I	5	8,25	6,8	7,85	5,85	7,5	7,75	5,4	5,95	7
2	II	4,05	7,9	6,35	8,15	7,6	10,9	11,5	6,75	6,1	7,8
2	III	5,7	7,75	6,5	9,05	7,35	8,7	9,25	5,85	5	7,75
2	IV	4,9	7,6	5,95	10,25	7	9,45	9,9	5,35	6,2	7,25
2	V	3,35	6,35	7	8,5	7,7	11,5	11,5	7,35	7	7,1
3	I	4,5	6,4	6,15	8,45	6,05	7,9	8,35	5,75	6,2	6,15
3	II	5,1	8,55	6,05	8,65	6,75	10,05	10,75	6,2	5,1	7,05
3	III	4,5	7,2	6,2	7,6	6,8	8,35	9,55	5,45	6,45	5,35
3	IV	5,4	7,5	6,3	9,8	7,05	11,95	11,8	6	6,1	7,55
3	V	5,7	6,7		8,25	9	11,3	9,1	6,05	6,75	7,2
4	I	3,7	5,95	6,1	7,6	6,6	11,9	11,45	6	6,1	6,1
4	II	5,7	5,95	6,7	8,05	6,8	9,75	11,15	6,55	6,3	5,4
4	III	5,7	6,4	6,6	8,35	7,9	10,6	10,2	5,75	5,95	6,85
4	IV	4,9	6,2	5,55	8,05	6,7	10,5	10,25	6	5,5	6,65
4	V	5,25	6	6,9	8,6	7	10,85	12,35	7,45	7	7,25

Anexo 10. Datos limpios\* de potencial hídrico xilemático.

Tratamiento	Bloque	Sem 41	Sem 43	Sem 46	Sem 49	Sem 51	Sem 3	Sem 4	Sem 6	Sem 8	Sem 11
1	I	3,85		5,5	8,15			9,95	5,5	6,2	5,9
1	II	4,25	6,25			6,95			6,2		5,95
1	III	4	6,45	6,15		7,4	10,9	11,55		6,5	
1	IV	3,8		6,05	8,65	7,3	10,4	10,75	6,25		6,35
1	V		6,4		9,65	7,5	11	11,5	5,85	6,2	
2	I	5	8,25	6,8	7,85				5,4	5,95	7
2	II	4,05	7,9	6,35	8,15	7,6	10,9	11,5	6,75	6,1	
2	III		7,75	6,5	9,05	7,35	8,7	9,25	5,85		7,75
2	IV	4,9	7,6			7	9,45	9,9	5,35	6,2	7,25
2	V				8,5	7,7		11,5			7,1
3	I			6,15	8,45	6,05			5,75	6,2	6,15
3	II	5,1			8,65	6,75	10,05	10,75			7,05
3	III		7,2	6,2	7,6	6,8	8,35	9,55		6,45	
3	IV	5,4	7,5			7,05			6	6,1	7,55
3	V		6,7		8,25		11,3	9,1	6,05		7,2
4	I		5,95	6,1	7,6	6,6		11,45	6	6,1	6,1
4	II	5,7	5,95	6,7	8,05	6,8	9,75	11,15	6,55	6,3	5,4
4	III	5,7		6,6	8,35		10,6	10,2	5,75	5,95	6,85
4	IV	4,9	6,2		8,05	6,7	10,5	10,25	6		6,65
4	V	5,25	6	6,9		7	10,85				

\* Datos limpios corresponden a valores promedio mas menos la desviación estándar.

Anexo 11. Tiempos de riego periodo 2007/08 fundo San Antonio.

Mes	Dia	Tiempo (H)
Septiembre	24	7
Octubre	1	6
	8	8
	16	10
	22	14
	29	14
Noviembre	5	14
	12	14
	16	14
	20	14
	24	14
	28	14
Diciembre	2	14
	6	16
	10	16
	14	16
	18	16
	22	16
	26	16
	30	16
Enero	4	14
	8	14
	12	14
	16	14
	20	14
	24	14
	28	14
Febrero	1	14
	5	12
	9	12
	16	12
	23	12
Marzo	1	12
	7	15
	20	15
Abril	4	15