

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE PLANTAS DE VID (*Vitis vinifera* L.) A
ENMIENDAS DE SUELO Y DEFOLIACIÓN EN POSTCOSECHA BAJO UN
ESTRÉS HÍDRICO SEVERO TARDÍO**

FELIPE EDUARDO RIVERA OSORIO

SANTIAGO, CHILE
2015

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE PLANTAS DE VID (*Vitis vinifera* L.) A
ENMIENDAS DE SUELO Y DEFOLIACIÓN EN POSTCOSECHA BAJO UN
ESTRÉS HÍDRICO SEVERO TARDÍO**

**EVALUATING THE RESPONSE OF GRAPEVINES (*Vitis vinifera* L.) TO SOIL
AMENDMENTS AND POSTHARVEST DEFOLIATION UNDER SEVERE
LATE STRESS**

FELIPE EDUARDO RIVERA OSORIO

SANTIAGO, CHILE
2015

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE PLANTAS DE VID (*Vitis vinifera* L.) A
ENMIENDAS DE SUELO Y DEFOLIACIÓN EN POSTCOSECHA BAJO UN
ESTRÉS HÍDRICO SEVERO TARDÍO**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo.

FELIPE EDUARDO RIVERA OSORIO

	Calificaciones
Profesores Guías	
Sr. Nicolás Franck B. Ingeniero Agrónomo, Ph. D.	6,5
Sr. Oscar Seguel S. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,7
Profesores Evaluadores	
Sr. José Covarrubias P. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc. Dr.	6,3
Sr. Jaime Araya C. Ingeniero Agrónomo, M.S. Ph. D.	6,6

Santiago, Chile
2015

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar deseo agradecer a mis padres por el esfuerzo y el apoyo incondicional que siempre me han dado a lo largo de todo mi proceso de formación, a mis hermanos por acompañarme siempre, a mi abuelo por fomentar siempre mi interés por la agricultura, a mi familia en general por estar siempre conmigo.

También agradecer a mis amigos por acompañarme en este largo proceso, por los buenos y malos momentos compartidos. A mi polola por la comprensión y motivación que me entregó para poder terminar de la mejor forma este proceso.

A la familia Salinas Bermúdez por recibirme en su hogar cada vez que tuve que viajar a La Serena por motivo de este trabajo, siempre muy atentos cada vez que me toco compartir con ellos, me hicieron sentir realmente muy acogido. Son una gran familia.

A Francisco Alfaro por acompañarme durante las extensas jornadas de mediciones y a Don Hugo Pérez por su simpatía y buena disposición que siempre mantiene en el laboratorio de Física de suelos.

A mis profesores guías, Oscar Seguel por acompañarme durante las extensas jornadas de medición, por los consejos y la buena disposición que siempre mostro durante todo el proceso y a Nicolás Frank por la oportunidad de poder realizar este trabajo y confiar en mis capacidades.

Por último agradecer al Fondo de Innovación para la Competitividad de la Región de Coquimbo (FIC-R Coquimbo, BIP 30127536-0), por el financiamiento otorgado para la realización de este trabajo.

A mi abuelo Rafael
*“La agricultura es la profesión propia del sabio, la más adecuada
al sencillo y la ocupación más digna para todo hombre libre”*

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Objetivo general	5
Objetivo específico.....	5
MATERIALES Y MÉTODO.....	6
Lugar de estudio	6
Materiales	6
Método.....	7
Variables medidas.....	8
Análisis estadístico	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
Información climática.....	10
Propiedades físicas del suelo pre-aplicación de enmiendas	10
Propiedades físicas del suelo Post-aplicación de enmiendas.....	13
Densidad aparente (D_a)	13
Distribución del tamaño de poros	14
Dinámica del agua en el suelo	16
Análisis de variables fisiológicos en la planta.....	18
Fracción de radiación interceptada (f)	18
Potencial hídrico xilemático (Ψ_x)	19
Conductancia estomática (g_s)	22
Fotosíntesis neta (P_n).....	24
Relación entre potencial xilemático, conductancia estomática y fotosíntesis neta	24
Temperatura de la hoja (T_h).....	26
Análisis de los componentes del rendimiento de la temporada siguiente	26
CONCLUSIONES.....	28

BIBLIOGRAFÍA	29
APÉNDICE 1	35
APÉNDICE 2	37
APÉNDICE 3	38
APÉNDICE 4	39
APÉNDICE 5	41

RESUMEN

La Región de Coquimbo se ha visto afectada por un fenómeno de sequía desde el año 2007, obligando a los agricultores a dejar de regar parronales destinados a la producción de uva. El objetivo de este estudio fue evaluar estrategias de manejo agronómico aplicados en postcosecha para reducir los efectos negativos de la sequía sobre un parronal de vid pisquera. Para este estudio se utilizaron 54 plantas de vid de 19 años de edad, establecidas en pie franco. Se aplicó ácido húmico en dosis equivalentes a 30 kg ha^{-1} , estiércol de cabra en dosis de 20 ton ha^{-1} , y sin aplicación de enmiendas, estos tratamientos fueron combinados con una poda severa y sin poda en un diseño factorial, resultando 6 tratamientos: T₁: Sin enmienda y sin poda; T₂: Ácido Húmico, sin poda; T₃: Estiércol, sin poda; T₄: Sin enmienda, con poda; T₅: Ácido Húmico, con poda y T₆: Estiércol, con poda. El riego fue suspendido inmediatamente después de cosecha, para posteriormente evaluar los tratamientos sobre las propiedades del suelo y sus efectos en la planta. Los efectos de las enmiendas en el suelo fueron marginales, la aplicación de ácido húmico sólo produjo un efecto significativo sobre el número de poros de drenaje rápido en profundidad, pero sin afectar las variables fisiológicas en la planta. Los tratamientos con poda, en tanto, obtuvieron potenciales xilemáticos menores a sus pares no podados. Además se logró establecer una relación lineal positiva entre el potencial xilemático y la conductancia estomática ($R^2= 0,53$) y esta última con la fotosíntesis neta ($R^2= 0,91$). Por otra parte, hubo una relación lineal negativa entre el potencial xilemático y el DPV ($R^2= 0,78$), lo que indicaría que a finales de la temporada, el estado hídrico de la planta estaría mayormente determinado por factores ambientales, más que por el contenido de agua en el suelo. Finalmente las diferencias encontradas no afectaron los componentes del rendimiento, por lo tanto, ante una falta de suministro hídrico después de la cosecha, una poda fuerte permitiría un ahorro efectivo de agua en el suelo debido a una menor transpiración, sin afectar los componentes del rendimiento.

Palabras clave: Estiércol, ácido húmico, poda, potencial hídrico xilemático, Déficit de presión de vapor.

ABSTRACT

The Coquimbo Region has been affected by a drought since 2007 forcing farmers to stop water supply for the production of grapes. This study evaluated postharvest agronomic management strategies to reduce the negative effects of drought on pisco grape vineyards. Fifty four 19 years old vines (grown in their own roots) were used. We applied humic acid (30 kg ha^{-1}), goat manure (20 ton ha^{-1}) or neither, and combined these treatments with severe pruning and no-pruning in a factorial design with 6 treatments: T₁: Without amendment and without pruning; T₂: Humic acid, without pruning; T₃: Manure, without pruning; T₄: Without amendment, with pruning; T₅: Humic acid, with pruning and T₆: Manure, with pruning. Irrigation was interrupted immediately after harvest and the effects of the treatments on soil properties and plant traits were evaluated. The effects of the soil amendments were only marginal, and the application of humic acid produced only a significant effect on the coarse porosity in depth, but without affecting the physiological variables in plants. Pruning treatments obtained lower stem water potentials than none pruning treatments. Furthermore, positive linear relationships were established between stem water potential and stomatal conductance ($R^2= 0.53$) and the latter with net photosynthesis ($R^2= 0.91$). A negative significant linear relationship between stem water potential and VPD ($R^2= 0.78$) was observed, indicating that at the end of the season, plant water status would be largely determined by environmental factors, rather than soil water content. Finally, the differences found did not affect the yield components, therefore, if no water supply is available after harvest, severe pruning after harvest would allow effective water savings in the soil due to lower transpiration, without affecting yield components.

Keywords: Manure, humic acid, pruning, stem water potential, vapor pressure deficit.

INTRODUCCIÓN

La vid es uno de los cultivos más importantes tanto a nivel nacional como internacional. El mercado mundial de uva de mesa ha mantenido un crecimiento sostenido, tanto en volumen como en valor; bajo este escenario, Chile sigue liderando por un amplio margen las exportaciones mundiales de uva de mesa (ODEPA, 2013). La Región de Coquimbo es una de las pocas regiones de Chile donde la superficie plantada ha ido en aumento, siendo la tercera Región con mayor superficie y la especie frutal más importante en la zona. En tanto, el mercado del pisco ha sufrido un estancamiento durante los últimos años pero, a pesar de esto, las vides pisqueras son la segunda especie más importante en la Región, con una superficie plantada superada sólo por las variedades de mesa (INE, 2009).

Uno de los factores ambientales desfavorables a los cuales se ven enfrentadas las vides cultivadas en ambientes áridos y semiáridos, es la sequía. La Región de Coquimbo, caracterizada por un clima semiárido, se ha visto afectada por este fenómeno durante los últimos años (Tapia et al., 2012), lo que resulta bastante crítico, debido a que el agua se obtiene en su mayoría de fuentes superficiales, principalmente desde los embalses. Estos han llegado a sus niveles mínimos, debido a que el suministro esperado por las precipitaciones y deshielos han sido deficitarios, presentando problemas cada vez mayores para satisfacer la demanda de la cuenca (DGA, 2013).

El agua es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de las plantas, y su carencia constituye una de las principales fuentes de estrés en condiciones de campo en climas Mediterráneos (Chaves et al., 2002). La disponibilidad de agua no sólo dependerá de la cantidad de lluvia que se logre almacenar en periodo de invierno, sino también del total que es capaz de retener el suelo. Para esto, la FAO (2003) propone la aplicación de enmiendas orgánicas para disminuir las pérdidas desde el suelo, de manera de lograr un uso más eficiente de este recurso.

Es por esto que una de las estrategias para realizar un uso eficiente del agua en condiciones de sequía, pasa por acondicionar el suelo, favoreciendo el almacenamiento de agua aprovechable por las plantas y evitando las pérdidas superficiales que se generan por ascenso capilar. En este sentido, el uso de enmiendas como estiércol o compost promueve este doble efecto, aumentando la retención de agua y actuando como colchón antievaporante cuando son aplicados en superficie (Barzegar et al., 2002). Dado que el suelo retiene el agua por medio de la adsorción a las partículas sólidas, la intensidad de esta dependerá de la superficie específica del suelo, por lo tanto, la tensión con que el agua es adsorbida variará según la textura, la estructura y el contenido de materia orgánica del suelo (Pachepsky y Rawls, 1999). La incorporación de enmiendas orgánicas, en la mayoría de los casos, produce un aumento en la capacidad de retención del agua (Mondaca, 2000).

Por otra parte, Puget et al. (1999) indican que los subproductos de la descomposición de residuos orgánicos y de la actividad biológica, generan uniones órgano-minerales que aumentan la estabilidad de los agregados del suelo, favoreciendo el almacenamiento de agua. Como alternativa a las enmiendas sólidas, en el mercado se comercializan ácidos húmicos,

cuya acción en el suelo favorece el incremento tanto de poros gruesos como de poros de retención de agua, manteniendo la funcionalidad física de este en el tiempo (Seguel et al., 2012).

Las vides han desarrollado diversas respuestas adaptativas que les permiten tolerar diferentes niveles de restricción hídrica, de manera de poder completar de igual forma su desarrollo (Rogiers et al., 2012). Entre estas repuestas, una de las principales es el cierre estomático, el cual reduce las pérdidas de agua desde las hojas hacia la atmósfera, disminuyendo de esta manera la transpiración y aumentando la temperatura foliar, limitando la conductancia estomática y reduciendo en consecuencia la tasa fotosintética (Taiz y Zeiger, 2006)

Es por esto que parte de una estrategia complementaria al acondicionamiento de suelos ante una situación de sequía, sería realizar una defoliación a través de una poda de verano, con el objetivo de reducir la superficie foliar de la planta y, en consecuencia, reducir el consumo de agua desde el suelo; este principio se basa en que las hojas son los órganos que principalmente evaporan el agua, a través de la transpiración, siendo más del 90% del agua que el árbol absorbe utilizada en este proceso (Razeto, 2006).

Existen estudios que indican que una planta con una relación copa/raíz más baja (ya sea por disminución física o funcional del área foliar) presenta un potencial hídrico menos negativo (Pardo et al., 2004). Otro estudio, realizado por Ortega-Farias et al. (2004), estableció que plantas con una mayor relación copa/raíz presentaron un potencial hídrico del xilema más negativo.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, los manejos basados en aumentar el agua disponible en el suelo, junto con disminuir la biomasa aérea, debieran ser efectivos en incrementar la tolerancia de la vid a la sequía. El duro escenario de sequía que ha debido enfrentar la Región de Coquimbo en los últimos años, donde incluso se han debido abandonar huertos frutales por falta de agua, plantea la necesidad de evaluar algunos parámetros fisiológicos y de rendimiento de la vid y su respuesta frente a manejos que buscan disminuir los daños provocados por sequías severas.

Objetivo general

- Evaluar estrategias de manejo agronómico (enmienda de suelo y poda) aplicados en postcosecha para reducir los efectos negativos de la sequía sobre un parronal de vid pisquera.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de las enmiendas de suelo en la retención y contenido de agua del suelo.
- Evaluar la respuesta del potencial hídrico xilemático e intercambio gaseoso de la vid frente a los manejos de suelo y poda durante una sequía severa.
- Evaluar el efecto de los manejos de suelo y poda en los componentes del rendimiento en la temporada siguiente.

MATERIALES Y MÉTODO

Lugar de estudio

El presente estudio es parte del proyecto “Estrategias de manejos agronómicos de especies frutales en sequía”, el cual fue desarrollado por el Centro de Estudios de Zonas Áridas (CEZA) de la Universidad de Chile, gracias al financiamiento otorgado por el Fondo de Innovación para la Competitividad de la Región de Coquimbo (FIC-R Coquimbo, BIP 30127536-0), durante los años 2012-2014. El trabajo se realizó en un parronal de uva pisquera (*Vitis vinifera* L.), ubicado en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Intihuasi en la Comuna de Vicuña, Provincia del Limarí, Región de Coquimbo (70°41' 37"O y 30°02' 09"S), durante la temporada 2012-2013.

La zona presenta un clima de Estepa con gran sequedad atmosférica; su principal característica son los cielos predominantemente despejados. Presenta temperaturas promedio que oscilan anualmente entre los 12,2°C y los 28,7°C y una acumulación de días grados (base 10°C) de 1123, con una humedad relativa media anual del 62% (CIREN, 1990). Las precipitaciones son de régimen frontal y se presentan en invierno, en los meses de junio y julio, donde precipita entre el 75% y el 85% de las lluvias anuales, con una pluviometría normal de 120 mm al año, que en los sectores más altos son de nieve. La evapotranspiración alcanza valores de 165 mm/mes en los meses más calurosos (CEAZA, 2014).

El suelo corresponde a la Serie Quilacán (Typic Haplocambid), de origen aluvial, estratificado, de textura franco arenosa, con colores pardo en el matiz 10YR, bien drenado y pendiente del 1-3% (CIREN, 2005). Descansa sobre un sustrato aluvial de gravas redondeadas abundantes y, en el caso del sitio de estudio, se presenta una discontinuidad bajo los 80 cm, pudiendo corresponder a un suelo enterrado.

Materiales

Se utilizaron 54 plantas de vid de la variedad Moscatel Rosada de 19 años de edad, establecidas en pie franco, cuyo sistema de conducción era un parrón español en un marco de plantación de 3 x 1,5 m, regado con un sistema de riego por goteo de una sola línea, con emisores de 4 L h⁻¹ espaciados a 0,5 m entre sí.

Se utilizaron las siguientes enmiendas: ácido húmico (@Pow Humus, WSG 85%) el cual corresponde a un complejo de sustancias húmicas bio-activas, derivados de Leonardita de alta concentración, 100% soluble en agua, compuesto por extractos húmicos (80-85%), K₂O (10-12%), N_{org} (1,3%), Fe (1%) y un 1,1% de otros minerales. La otra enmienda utilizada corresponde a estiércol de cabra semiestabilizado, el cual posee un 60% de materia orgánica, niveles salinos cercanos a 6 dS m⁻¹ y 20% de humedad.

Para realizar las mediciones del potencial xilemático se utilizó una cámara de presión tipo Scholander (PMS 1505D); para la determinación de los parámetros de intercambio gaseoso y temperatura de la hoja, se utilizó un analizador de gases infrarojo IRGA (Li-cor 6400XTR); para estimar la fracción de radiación interceptada se usó un ceptómetro lineal (Delta T, Sunscan); por último, para la determinación del contenido de agua en el suelo, se utilizaron sensores de humedad del tipo FDR (EC-5 Decagon Devices) conectados a un datlogger (EM50, Decagon Devices), registrándose el contenido volumétrico de agua en el suelo cada 30 minutos. Para las variables climáticas se contó con una estación meteorológica (Davis Instruments, Vantage Pro 2) y para los análisis de suelo se dispuso del equipamiento necesario disponible en el laboratorio de Física de Suelos de la Universidad de Chile.

Método

El ensayo consistió en la aplicación de una sequía absoluta en plantas de vid mediante la interrupción del riego, inmediatamente después de la cosecha. La elección de esta fecha responde a una situación hipotética en la que se termina de regar la planta con el último recurso hídrico durante un periodo de sequía, asegurando obtener un producto comercial, luego de lo cual se elimina el riego para reservar la poca disponibilidad de agua para la siguiente temporada. Para esto se establecieron los siguientes tratamientos, que consideran manejo del follaje y del suelo:

Cuadro 1. Tratamientos del ensayo.

Poda / Enmienda	Sin enmienda	Ácido húmico	Estiércol de cabra
Sin poda	T ₁	T ₂	T ₃
Con poda	T ₄	T ₅	T ₆

Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño en bloques completamente aleatorizados con estructura factorial, donde se evaluaron los factores poda (dos niveles: sin poda y con poda) y enmiendas de suelo (tres niveles: sin enmienda, ácido húmico y estiércol de cabra), siendo el bloque una hilera, resultando así seis tratamientos con tres repeticiones cada uno (Cuadro 1). Se designó como unidad experimental a tres plantas dispuestas consecutivamente sobre la hilera y como unidad de observación la planta central, con el fin de eliminar el efecto borde.

Las enmiendas fueron aplicadas un mes antes del término de la cosecha, de modo de tener alrededor de un mes de acción en el suelo previo a la sequía. Para calcular la dosis de aplicación de las enmiendas se consideró 0,5 m como ancho de mojamiento de un gotero, definiendo una parcela de 2,25 m². El estiércol fue aplicado en un equivalente de 20 Mg ha⁻¹, depositando el material en una zanja de 30 cm de profundidad y de 4,5 m de largo, lo más cercano a la línea de goteros posible. El ácido húmico se aplicó en dosis comerciales equivalentes de 30 kg ha⁻¹ de la siguiente manera: en el ciclo normal de riego, dentro del día en que se fuera a regar, se diluyó el producto (Pow Humus[®]) en un recipiente con 20 L de agua, agitando con una varilla. Se distribuyó el volumen en forma homogénea, aplicando el producto justo bajo la zona de goteo, paulatinamente, de modo de evitar escurrimiento.

Inmediatamente después se aplicó un riego para asegurar su distribución dentro del bulbo de mojamiento.

En los tratamientos con poda, ésta se llevó a cabo después de la cosecha, una vez que las enmiendas hicieron efecto. Se acortaron todos los brotes a 15 cm de largo, simulando una poda mecánica, de manera de disminuir la fracción de radiación *PAR* activa interceptada por la planta en un 37% y de esta forma disminuir su transpiración.

En los seis tratamientos se detuvo el riego en postcosecha (4 abril), antes de esto se realizó una medición basal en las plantas (potencial xilemático, intercambio gaseoso y temperatura de las hojas), para establecer un punto de inicio. Una vez que el riego se detuvo, se procedió a repetir las mediciones a los 15 días y luego 30 días después, hasta que las plantas entraron en receso invernal (Finales de mayo).

Variables medidas

Al inicio del ensayo se realizó una caracterización morfológica del suelo para asegurar su homogeneidad en el sitio del estudio; para esto se realizó una descripción de tres calicatas de acuerdo a Schoeneberger et al. (2002). Donde además se definieron las profundidades 30 y 60 cm como las zonas de mayor concentración de raíces absorbentes del cultivo, de manera de instalar una sonda de humedad en cada profundidad, en plantas sin poda por cada tratamiento del suelo (sin enmienda, Ácido húmico y estiércol) y con poda sin enmienda. Posteriormente se realizó una caracterización física del suelo, evaluando por horizonte pedogenético y hasta una profundidad de 1 m las siguientes variables: distribución de tamaño de partículas mediante el hidrómetro de Bouyoucos, curva característica mediante olla y plato de presión y densidad aparente por el método del cilindro, todas metodologías descritas por Dane y Topp (2002). Al final del ensayo, cuando terminaron las mediciones de los parámetros fisiológicos en la planta y estas entraron en receso invernal, se volvieron a medir propiedades físicas para cada tratamiento de enmienda de suelo (sin enmienda, ácido húmico y estiércol) y en tres repeticiones de plantas sin poda, evaluando la curva característica y la densidad aparente hasta los 60 cm de profundidad por cada horizonte pedogenético.

La fracción de radiación fotosintéticamente activa interceptada por las plantas (*f*) se midió antes y posterior a la poda, de modo de comparar los resultados. Estas se realizaron 2 horas antes del mediodía, en el mediodía y 2 horas después. Para ello se determinó la radiación que incidía sobre los árboles (*PAR*₀) y la radiación no interceptada (*PAR*_{ni}) bajo la canopia. Para obtener la *PAR*₀, se midió en una zona despejada, alejada del cultivo antes de comenzar cada medición, durante los tres momentos del día. Para medir bajo la canopia se siguió un patrón regular, realizando seis líneas de medición bajo el árbol, distanciados a 50 cm, para cubrir los 3 metros en la sobre-hilera que ocupaba cada árbol (1,5 metros hacia cada lado, desde el tronco), desde el centro de la entre-hilera hasta el centro de la siguiente y cada 25 cm entre sí, para cubrir los 1,5 de la sobre la hilera. La *f* se calculó con la siguiente ecuación.

$$f = 100 * (PAR_0 - PAR_{ni}) / PAR_0$$

Donde PAR_0 corresponde a la radiación PAR incidente sobre la copa de los árboles y PAR_{ni} a la radiación no interceptada.

El potencial hídrico xilemático (Ψ_x) se midió en la tarde (entre las 14:00 y 16:00 hrs), en una hoja por planta de cada uno de los tratamientos. Se utilizaron hojas adultas, visualmente sanas, de tamaños homogéneos y expuestas al sol, las cuales fueron cubiertas con bolsas plásticas recubiertas de papel aluminio por un periodo de 90 minutos. Posteriormente, se retiraron las bolsas con las hojas en su interior y se midió el Ψ_x (MPa).

La fotosíntesis neta (P_n), la conductancia estomática (g_s) y la temperatura de la hoja (T_h), al igual que el Ψ_x , se midió en la tarde (entre las 14:00 y 16:00 hrs), en una hoja por planta de cada uno de los tratamientos, utilizando el analizador de gases al infrarrojo IRGA (Li-cor 6400XTR). Se utilizaron hojas adultas, visualmente sanas, de tamaños homogéneos y expuestas al sol. A lo largo del ensayo, con el mismo analizador de gases, se midieron las variables de temperatura (T) y humedad relativa (HR) del aire. Con el valor de temperatura del aire se determinó la presión de vapor a saturación (e_s), a través de la ecuación de Murray (1967).

$$e_s (T) = 0,611 \exp (17,27 T / T + 237,3)$$

Donde T es la temperatura del aire (°C) y e_s la presión de vapor a saturación (kPa)

A partir de ello se determinó la presión parcial de vapor del aire (e) a través de la relación $HR = e/e_s$, mediante los datos de HR y e_s . Finalmente se obtuvo el Déficit de Presión de Vapor (DPV, kPa), por diferencia de $e_s - e$.

A principios de la temporada siguiente (noviembre 2013), se evaluaron, en tres plantas por tratamiento, las variables relacionadas con los componentes del rendimiento: largo de brotes, número de nudos y largo de entre nudos. Se analizaron tres brotes por planta, de la parte basal y distal; además se evaluó el número total de brotes, brotes con racimos y el número total de racimos.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de varianza de acuerdo a un diseño completamente aleatorizado con estructura factorial, en las variables de suelo (D_a , distribución del tamaño de poros), en la planta (f , P_n , g_s , T_h y Ψ_x) y de los componentes del rendimiento, mediante el uso del programa InfoStat; en el caso en que se encontraron diferencias estadísticamente significativas, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$). Además se realizaron análisis de correlación entre las variables de potencial xilemático con conductancia estomática, conductancia estomática con fotosíntesis neta y el déficit de presión de vapor con el potencial xilemático.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Información climática

Los valores de las variables climáticas se obtuvieron desde una estación meteorológica ubicada en el mismo predio. Las mediciones en la planta se llevaron a cabo entre los meses de marzo y mayo, pero se presentan los valores de un mes antes y un mes posterior para obtener una visión más amplia de estas variables. Se observa que las temperaturas máximas (Apéndice 1) en febrero fueron altas y disminuyeron gradualmente a medida que avanzó la temporada. La temperatura máxima promedio que en febrero alcanzó aproximadamente los 30°C disminuyó alrededor de 10°C a lo largo del periodo de estudio, en tanto la temperatura promedio lo hizo en 7°C aproximadamente. En cuanto al Déficit de Presión de Vapor (DPV), se observa en la Figura 2 del Apéndice 1 que tuvo un comportamiento lineal negativo, con la mayor disminución entre los meses de febrero a abril. Por último, la evapotranspiración de referencia (ET_0) mostró un comportamiento similar al DPV, teniendo una disminución de alrededor de un 1 mm/día por mes, a excepción del último (junio).

A partir de febrero se produjo una disminución de las temperaturas máximas y medias, lo que conlleva una disminución del DPV y también de la ET_0 , ya que ambas dependen directamente de este factor. La temperatura óptima de crecimiento para la vid varía entre los 25 y 30°C, pero la actividad de la planta se reduce a medida que aumenta la temperatura, hasta llegar a los 35-38°C, donde finalmente se produce un cese del crecimiento (Buttrose, 1969; Currie et al., 1983).

La Humedad Relativa (HR) disminuye desde la costa hacia el interior del Valle. El lugar del ensayo, por su altitud se encuentra aislado de la influencia marítima, de tal manera que los valores promedios de HR durante los meses del ensayo variaron entre los 53,3 y 63,5% (Apéndice 1). Sin embargo, durante las noches de verano la HR aumenta por sobre un 90%, llegando a sus valores mínimos en la tarde (14:00 a 15:00 h).

Propiedades físicas del suelo pre-aplicación de enmiendas

Al inicio del ensayo, se realizó una caracterización física y morfológica del suelo. Para esto se realizó una descripción de tres calicatas, donde se definió un perfil modal (Apéndice 2) que permitió confirmar al suelo como perteneciente a la Serie Quilacán; además se midieron parámetros físicos como textura, densidad aparente y curva de retención de agua, de la cual se obtuvo la distribución de tamaño de poros.

La textura del suelo mostró una alta homogeneidad, con una predominancia de partículas tamaño arena, siendo principalmente de clases texturales franco arenosa en todo el perfil (Cuadro 2). Entre los 70 y 80 cm se presentó un horizonte gravoso de matriz franca, con un mayor contenido de limo y con abundantes clastos redondeados, en un amplio rango de

tamaños, lo que le confiere un grado de discontinuidad al perfil.

Cuadro 2. Separados texturales, clase textural y densidad aparente (Da) por horizonte pedogenético al inicio del ensayo.

Horizontes	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	Da
cm	-----%-----			-	Mg m ⁻³
0-16	60,1	26,4	13,6	Franco arenosa	1,48 (±0,10)
16-40	57,9	26,0	16,1	Franco arenosa	1,53 (±0,05)
40-70	74,9	14,2	11,0	Franco arenosa	1,57 (±0,18)
70-80	47,8	43,1	9,1	Franca	1,52 (±0,12)
80-100	54,7	35,8	9,5	Franco arenosa	1,36 (±0,04)

Promedio ± DS.

Con estas clases texturales, el suelo asegura una alta permeabilidad, con abundancia de poros gruesos y baja retención de agua, condición que se acrecienta por la mayor cantidad de gravas. Si bien el perfil se encontraba húmedo al momento de la descripción, no se observaron rasgos de mal drenaje, ya que la posición que ocupa el suelo es de una terraza remanente alta.

La densidad aparente (Da) es una propiedad que depende, de la estructura, la mineralogía y la clase textural. Los valores se encontraron en el rango de 1,36 a 1,57 Mg m⁻³ (Cuadro 2) esperable para suelos de textura gruesa (Sandoval et al., 2012). Se puede identificar un aumento de la Da en profundidad hasta el horizonte gravoso y luego una disminución, lo que permite revelar una discontinuidad en el perfil, lo cual pudiera corresponder a un suelo enterrado.

La curva característica de retención de agua del suelo (Figura 1) muestra el comportamiento de los distintos horizontes y los valores más utilizados para la Capacidad de Campo (CC) y el Punto de Marchitez Permanente (PMP); con el rango entre ambos se puede determinar el agua aprovechable o porosidad de agua útil, que corresponde al agua energéticamente disponible para la absorción de los vegetales. A mayor tensión (contenidos de agua por debajo del PMP) se requiere de un gasto energético mayor para su absorción y a una menor tensión (contenidos de agua por sobre la CC), el agua se pierde por gravedad al drenar rápidamente después de una lluvia o un riego (Warrick, 2002); sin embargo, estos poros resultan cruciales para el intercambio gaseoso del suelo y la renovación del oxígeno hacia las raíces (Hartge y Horn, 2009).

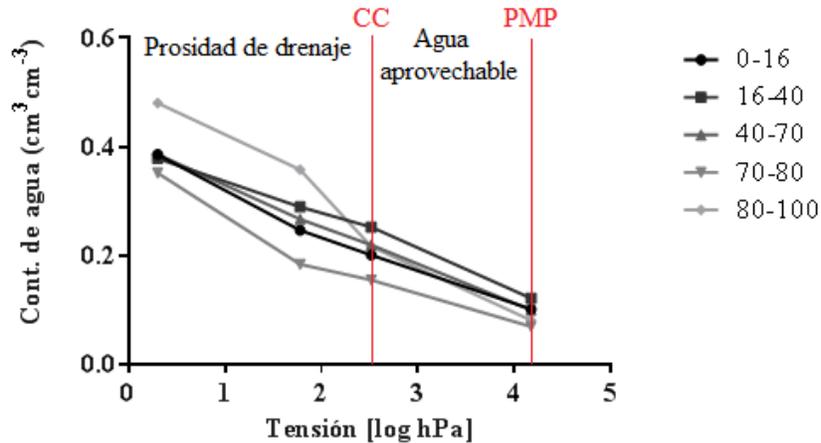


Figura 1. Curva de retención de agua por horizonte pedogenético. Las líneas rojas denotan los valores clásicos de Capacidad de Campo (CC, -33kPa) y Punto de Marchitez Permanente (PMP, -1500kPa).

Se observa una mayor retención de agua en el último horizonte, dado el alto contenido de limo, aunque esta se encuentra en el rango de los poros de drenaje rápido. Por el contrario, el horizonte gravoso (70-80 cm) es el que menos retención de agua posee en todo el rango de tensiones; los otros horizontes tuvieron comportamientos similares en sus curvas características. A partir de la curva característica es posible definir la distribución de tamaño de poros (Sandoval et al., 2012), resultados que se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Distribución de tamaño de poros por horizonte pedogenético al inicio del ensayo.

Horizonte	PDR	PDL	PAU
cm	-----%-----		
0-16	19,1 (±5,2)	4,6 (±0,3)	10,0 (±0,5)
16-40	13,3 (±1,5)	3,7 (±0,9)	13,1 (±1,1)
40-70	13,9 (±1,2)	4,8 (±0,3)	11,9 (±4,4)
70-80	24,2 (±6,8)	2,9 (±0,1)	8,6 (±2,1)
80-100	13,0 (±5,1)	14,1 (±3,5)	13,6 (±8,2)

PDR: Poros de drenaje rápido (>50 μ m); PDL: Poros de drenaje lento (50-10 μ m); PAU: Poros de agua útil (10-0,2 μ m). Promedio \pm DS.

La morfología de la estructura edáfica se expresa a través de la distribución de poros por tamaño. Una de las funciones del sistema poroso grueso es participar del proceso de aireación del suelo, a través del drenaje del exceso de agua y la renovación del oxígeno de este. Dicho proceso es uno de los determinantes más importantes en la productividad, debido a que las reacciones biológicas de importancia agronómica que ocurren en el suelo (actividad microbiana y radical) consumen O₂ y producen CO₂ como desecho, tipificando de este modo un sistema aeróbico (Benavides, 1992). Por su parte, los poros en un rango de tamaño intermedio (0,2 a 10 μ m) favorecen el almacenamiento de agua disponible para las plantas, de manera de satisfacer la demanda transpirativa atmosférica (Hillel, 1998).

En general, el suelo presenta una alta cantidad de PDR, considerando un mínimo de 12% como adecuado para la vid, lo que asegura la óptima aireación del suelo e intercambio de

gases hacia las raíces (Richards, 1983). Se observó una mayor cantidad de poros de drenaje rápido (PDR) en el horizonte gravoso (70-80 cm), mientras que el resto de los tamaños la cantidad de poros fue menor, siendo relevante la baja capacidad de almacenamiento de agua útil (PAU) a la hora de generar un estrés hídrico.

En cuanto a los poros de drenaje lento (PDL), estos fueron más homogéneos, a excepción del último horizonte, que presentó un valor mayor, asegurando una buena funcionalidad, tanto para la transmisión de fluidos como para la retención de agua (Reynolds et al., 2009).

Por último, los poros de agua utilizable (PAU) fueron similares en los distintos horizontes. Los tres primeros presentaron una distribución de tamaño similar, en respuesta a los niveles de arena, los cuales variaron entre el 57 y el 74% dentro del perfil; en tanto, el horizonte gravoso, de matriz franca, genera una clara discontinuidad. El ponderado de 0-100 cm de profundidad genera una capacidad de almacenamiento de agua aprovechable del suelo cercano a 119 mm.

Propiedades físicas del suelo Post-aplicación de enmiendas

Considerando que la mineralización de los residuos agrícolas se lleva a cabo entre los 40 a 180 días desde el momento de su aplicación (Bhon et al., 1993), dependiendo de factores como la temperatura, humedad, pH y relación C/N, al cabo de 5 meses se volvieron a medir las propiedades físicas del suelo (densidad aparente y curva característica) en los primeros 3 horizontes del perfil modal, de modo de compararlos con los resultados obtenidos antes de la aplicación, y así poder apreciar el impacto de las enmiendas y su efecto en el suelo.

Densidad aparente (Da)

La Da es una de las propiedades más sensible a las intervenciones antrópicas del suelo (Zeng et al., 2013), por lo que manejos como aplicación de enmiendas cambiarán el volumen de poros, debido al reordenamiento de las partículas del suelo (Horn et al., 1994). Los resultados para este estudio se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Densidad aparente (Da) en función de la profundidad de la sobrehilera a los 5 meses de aplicadas las enmiendas en el suelo.

Tratamientos	Profundidad		
	0-16	16-40	40-70
	Densidad aparente		
	Mg m ⁻³		
T ₁	1,57 (±0,18)	1,60 (±0,20)	1,43 (±0,20)
T ₂	1,53 (±0,04)	1,63 (±0,21)	1,46 (±0,01)
T ₃	1,47 (±0,16)	1,43 (±0,16)	1,46 (±0,16)

T₁: Suelo sin enmienda; T₂: Suelo + ácido húmico; T₃: Suelo + Estiércol. Promedio ± DS.

Para todos los tratamientos del ensayo no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$).

En el primer horizonte (0-16 cm) el tratamiento T₃ (Estiércol) fue más efectivo con respecto al T₂ (Ácido Húmico), que obtuvo valores más cercanos al T₁ (sin enmienda). Comparado con la condición inicial, el valor de T₃ fue bastante similar, mientras que los tratamientos T₁ y T₂ tuvieron un proceso de densificación. Esto se pudo deber a que el suelo, posterior a la aplicación de las enmiendas, fue sometido al pisoteo propio de la cosecha, repercutiendo principalmente en los primeros centímetros del suelo. Bajo esta condición, el tratamiento T₃ fue el que mejor se mantuvo, dada la capacidad elástica que el estiércol le confiere al suelo (Zhang et al., 2005), permitiéndole que se recupere una vez que se retira la carga superficial.

En el segundo horizonte (16-40 cm) se mantuvo la tendencia, aunque igual que en el primer horizonte, sin diferencias estadísticamente significativas, dada la alta variabilidad de los resultados. Esto coincide con la profundidad a la cual fue intervenido el suelo, ya que el estiércol fue incorporado en los primeros 30 cm. El gran aporte de materia orgánica (MO) proporcionado por el estiércol, estimula la formación de una mayor cantidad de asociaciones MO-minerales, incrementando la agregación del suelo y la formación de poros, disminuyendo de esta forma la Da (Oades, 1993). Esto fue observado también por Seguel et al. (2003) en un suelo franco arenoso, en el que la adición de un residuo orgánico poco descompuesto, como el estiércol, provoca una soltura de las partículas minerales, logrando este mismo efecto.

En el tercer horizonte (40-70 cm) el efecto del estiércol desapareció, y los tres tratamientos presentaron valores similares.

Para el ácido húmico (T₂) se obtuvieron valores de Da bastantes semejantes al tratamiento sin enmienda (T₁), aunque levemente menor en el primer horizonte. Resultados similares fueron obtenidos por Fernández (2013) quien aplicó la misma dosis de ácido húmico con el objeto de mejorar la condición física de camellones con palto, sin obtener diferencias estadísticamente significativas al cabo de 30 y 90 días después de la aplicación.

Distribución del tamaño de poros

Las curvas de retención de agua se presentan en el Apéndice 3, a partir de las cuales se derivó la distribución de tamaño de poros (Cuadro 5).

Cuadro 5. Distribución porcentual del tamaño de poros, en función de la profundidad de la sobrehilera a los 5 meses de aplicadas las enmiendas en el suelo.

Tamaño de poro	Tratamientos	Profundidad		
		-----cm-----		
		0-16	16-40	40-70
		-----%-----		
PDR	T1	16,6 (\pm 3,6)	16,4 (\pm 3,4)	19,9 (\pm 2,9)ab
	T2	16,5 (\pm 0,9)	15,6 (\pm 4,0)	22,5 (\pm 2,5)a
	T3	15,6 (\pm 2,3)	17,1 (\pm 0,9)	16,6 (\pm 3,0)b
PDL	T1	5,8 (\pm 1,1)	6,1 (\pm 2,9)	7,0 (\pm 3,5)
	T2	8,7 (\pm 2,9)	5,3 (\pm 0,5)	7,1 (\pm 1,3)
	T3	5,5 (\pm 2,0)	5,7 (\pm 0,6)	8,5 (\pm 4,4)
PAU	T1	8,3 (\pm 6,2)	7,6 (\pm 4,8)	3,3 (\pm 0,3)
	T2	9,8 (\pm 3,3)	7,8 (\pm 7,0)	6,7 (\pm 4,3)
	T3	11,6 (\pm 3,2)	11,5 (\pm 3,4)	13,5 (\pm 8,4)

T₁: Suelo sin enmienda; T₂: Suelo + ácido húmico; T₃: Suelo + Estiércol. PDR: Poros de Drenaje Rápido (>50 μ m); PDL: Poros de Drenaje Lento (50-10 μ m); PAU: Poros de Agua útil (10-0,2 μ m). Promedio \pm DS. Letras diferentes en columnas indican diferencias estadísticamente significativas, según prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

La capacidad del suelo para transportar y almacenar agua depende de la proporción y la funcionalidad de sus poros, por lo que una proporción adecuada de todos los tamaños es importante para el flujo y almacenamiento de agua en el perfil (Seguel et al., 2013). Los suelos de textura gruesa, debido a su dominancia de arena, poseen un mayor espacio entre partículas, por ende tienen una mayor cantidad de poros de drenaje rápido (Hartge y Horn, 2009).

En el primer horizonte, ningún tratamiento tuvo efectos positivos sobre los PDR. Más aun, los valores de todos los tratamientos fueron menores a los obtenidos en el suelo previo a la aplicación de las enmiendas, y como se señaló con anterioridad, pudo deberse a una pérdida de poros gruesos producto del efecto del pisoteo durante el final de la temporada (cosecha).

En el segundo horizonte, el tratamiento T₃ logró un leve efecto sobre los PDR, ya que esta área es la de mayor influencia de la enmienda, no así el tratamiento con ácido húmico (T₂), el cual no obtuvo efectos positivos sobre los PDR. Para ambos horizontes no se registraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

En el tercer horizonte, en comparación con los otros dos, el tratamiento T₂ sí tuvo efectos positivos en los PDR, con diferencias estadísticamente significativas respecto a T₃. Esto pudo deberse a que el ácido húmico, al ser aplicado través del riego, posee una mejor distribución en el perfil, lo que provoca que se mueva con mayor facilidad a través de este (Cortés, 2011). Los ácidos húmicos, aparte de aumentar la estabilidad de los agregados y mejorar la estructuración del suelo, estimulan un mayor desarrollo radical (Toro, 2014), lo que afecta de forma positiva la generación de macroporosidad.

En cuanto a los poros de drenaje lento (PDL), los valores obtenidos fueron similares entre los tratamientos, sin diferencias estadísticamente significativas en las distintas profundidades. Resultados similares se han observado en otros estudios de manejo contrastante de suelos con aplicaciones durante una sola temporada (Marín, 2011; Fernández, 2013), no así en estudios con aplicaciones anuales por periodos más prolongados (3 años), donde sí se logran apreciar estas diferencias (Seguel et al., 2011; Seguel et al., 2013).

En el primer horizonte los PDL fueron altos en comparación a la situación inicial, destacando el tratamiento T₂ por sobre los otros tratamientos, lo que le confiere una ventaja, dado que es un tamaño de poro cuya agua también puede ser aprovechada por la planta (Reynolds et al., 2009). En el segundo horizonte no se ven mayores diferencias y por último en el tercer horizonte el tratamiento T₃ logra un mayor efecto sobre esta variable.

En los poros de agua útil (PAU), el tratamiento T₃ destacó en relación a los otros tratamientos, aunque sin diferencias estadísticamente significativas. Las diferencias se incrementaron en profundidad, ya que en suelos con un porcentaje de arcilla menor al 15%, los aportes de enmiendas orgánicas sólidas rellenan los poros e incrementan la unión de las partículas primarias hacia la formación de agregados, mejorando la estructura y estabilidad de estos, generando una mayor capacidad de retención de agua (Baumgartl y Horn, 1991). Se puede apreciar que el ácido húmico provoca este mismo efecto pero en menor medida, ya que se caracteriza por actuar a corto plazo, a diferencia del estiércol, cuyo efecto se logra en un plazo de tiempo mayor (Abiven et al., 2009).

En los PAU se observó una mayor disparidad entre los tratamientos, con una alta variabilidad en los resultados. Con respecto a los valores pre-aplicación, los PAU tendieron a disminuir en los tratamientos T₁ y T₂, en especial en el segundo y tercer horizonte, lo que dependería exclusivamente de la variabilidad espacial del suelo, ya que, como lo señala Gajardo (2011), el coeficiente de variación de los PAU, dentro de un mismo sitio de suelo y manejo, puede superar el 35%, siendo mayor en suelos de clases texturales gruesas. En el caso de este estudio, se observó al momento del muestreo que el horizonte gravoso se encontraba a menor profundidad y con una matriz más gruesa en el sector de los tratamientos, lo que debe ser tomado en cuenta como un factor relevante para explicar la variabilidad de la respuesta de la vid frente a eventos de sequía.

Dinámica del agua en el suelo

Desde el momento en que se detuvo el riego en postcosecha, el contenido de agua en el suelo fue monitoreado durante el ensayo (Figura 2). El tratamiento T₁ (Sin enmienda/ sin poda) es el que mostró los valores más bajos en cuanto al contenido de agua, tanto a los 30 como a los 60 cm de profundidad, llegando incluso a PMP en ambas profundidades, lo que es bastante crítico desde un punto de vista fisiológico para la planta.

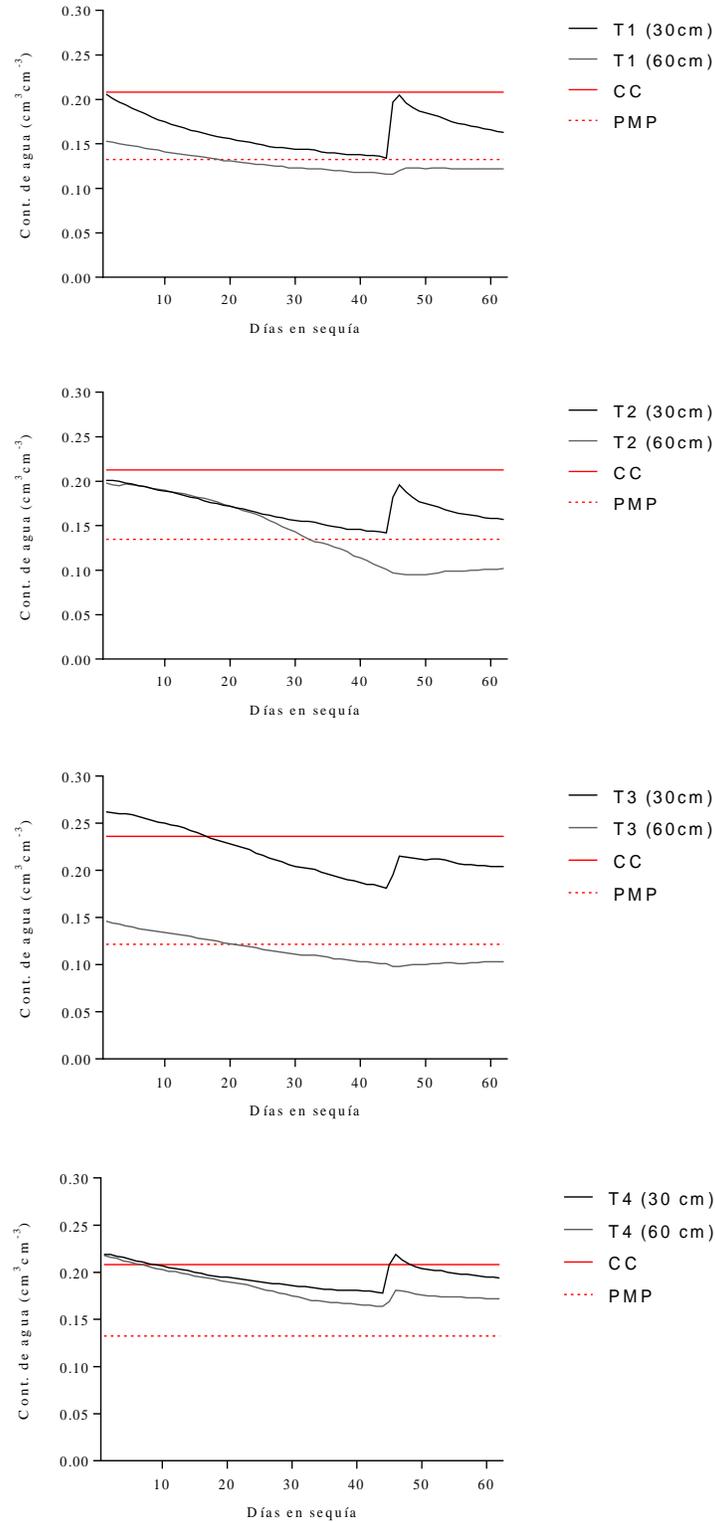


Figura 2. Contenido volumétrico de agua durante el ensayo desde que se detuvo el riego. T₁: Sin enmienda/ sin poda; T₂: Ácido Húmico/ sin poda; T₃: Estiércol/ sin poda; T₄: Sin enmienda/ con poda; CC: Capacidad de Campo (-33 kPa) y PMP: Punto de Marchitez Permanente (-1500 kPa). En el día 45 ocurrió una lluvia de 25 mm.

El tratamiento sin enmienda y sin poda (T_1) presentó un consumo continuo de agua, sostenido principalmente en el horizonte superficial, estabilizándose en valores cercanos al punto de marchitez permanente (PMP, -1500 kPa). Sin embargo, una vez acontecida la primera lluvia de la temporada, los primeros horizontes se recuperaron rápidamente.

En el T_2 (Ácido Húmico/ sin poda) se observó que en el primer mes, el contenido de agua en profundidad fue alto en relación a T_1 y T_3 , siendo similar a los valores obtenidos en superficie. Posterior a este tiempo, el contenido de agua a 60 cm de profundidad descendió abruptamente, inclusive por debajo de PMP. Esto podría responder al efecto en el corto plazo que tiene el ácido húmico en cuanto a la distribución del tamaño de poros (Fernández, 2013), ya que su principal efecto se apreció en la macroporosidad (PDR) que se generó en el tercer horizonte (Cuadro 5), cuya función es más bien para el intercambio gaseoso que para la retención de agua.

El tratamiento T_3 (Estiércol/ sin poda) en los primeros centímetros presentó valores por sobre CC durante parte del monitoreo, pero en profundidad la curva cayó por debajo de PMP. El efecto del estiércol se produjo en los primeros centímetros, donde se aplicó la enmienda, logrando generar poros de agua utilizable, lo que provocó una condición de agua más elevada al inicio del ensayo, además de tener una curva de secado menos abrupta que el resto de los tratamientos.

Por último, en el tratamiento T_4 (Sin enmienda/ con poda), el suelo se mantuvo por sobre el PMP en ambas profundidades. Esto indica que la planta efectivamente redujo su demanda transpirativa producto del efecto de la defoliación a través de la poda, traducándose en un mayor contenido de agua, marcando así una diferencia con el resto de los tratamientos.

Análisis de variables fisiológicos en la planta

Fracción de radiación interceptada (f)

La fracción de radiación interceptada no tuvo interacción entre los factores enmiendas y poda pero, al analizar los factores por separado, hubo un efecto de la poda que, por cierto era esperable, con una menor interceptación que en las plantas no podadas. El área foliar removida por la poda redujo en un 36,6 % la interceptación de radiación respecto a sus pares no podadas, lo que se traduciría en una menor transpiración potencial por parte de estas plantas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Fracción de radiación fotosintéticamente activa interceptada (f) en vides cv. Moscatel Rosada con tratamientos con y sin poda, en la Comuna de Vicuña, Región de Coquimbo.

Factor Poda	Fracción interceptada (f)
	-----%-----
Sin Poda	53,6 ($\pm 3,2$) a
Con Poda	34,0 ($\pm 2,9$) b

Promedio \pm DS. Letras diferentes en columnas indican diferencias estadísticamente significativas, según prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

Potencial hídrico xilemático (Ψ_x)

La tendencia del Ψ_x en postcosecha varió desde un valor mínimo de -1.1 MPa al inicio del ensayo, hasta un valor máximo de -0.28 MPa, cuando las plantas se encontraban próximas al receso invernal (Figura 3). En la primera medición sólo se analizó el factor enmienda, donde hubo pequeñas variaciones en el Ψ_x (-1,0 y -1,1 MPa), siendo estos los valores más negativos registrados durante el estudio, pese a encontrarse en condiciones normales de riego. Según Sellés et al. (2002) valores de -0,9 MPa generan una condición de estrés en vides, sin embargo Williams et al. (1995) propone un valor crítico de -1,1 MPa. Por otra parte, en un estudio realizado por Navarrete (2012) en un parronal de variedad Red Globe, ubicado en un suelo franco con matriz pedregosa en el valle del Huasco, se determinaron niveles de Ψ_x entre -0,6 y -0,85 en plantas con riegos restrictivos sin afectar la cantidad y calidad de la fruta.

Se observaron variaciones entre los tratamientos, donde el estiércol y el ácido húmico tuvieron Ψ_x menos negativos que el sin enmienda al comienzo del ensayo, pero sin diferencias estadísticamente significativas.

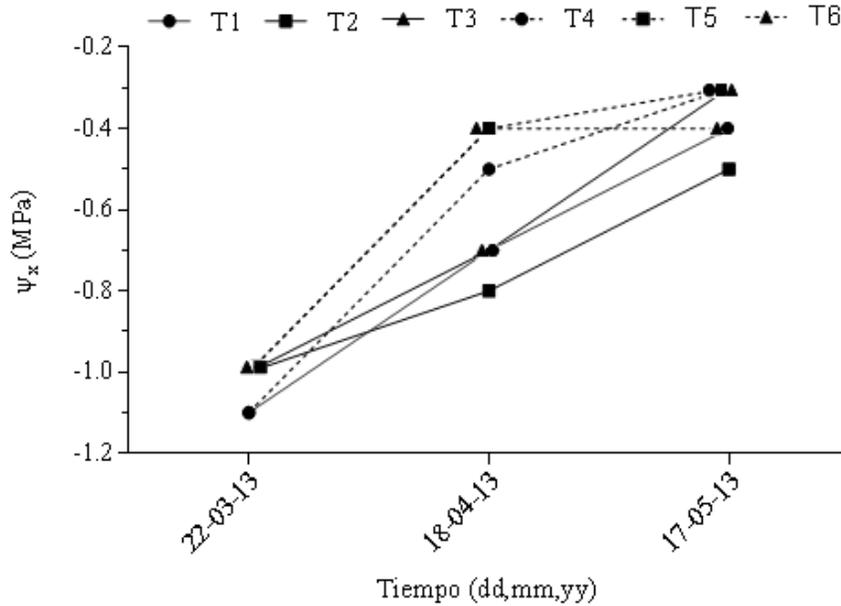


Figura 3. Efecto de los tratamientos de enmiendas y poda sobre el potencial xilemático (Ψ_x) durante una sequía en postcosecha, en vides cv. Moscatel Rosada en Vicuña, Región de Coquimbo, donde las líneas continuas son los tratamientos sin poda y las punteadas con poda.

Dos semanas después de la primera medición, se detuvo el riego en todos los tratamientos y se agregó el factor poda (T4, T5 y T6), volviéndose a medir el Ψ_x después de aplicado este manejo (18 Abril). No se encontró interacción entre los factores poda y enmienda, pero sí hubo variaciones en los resultados, destacando los tratamientos T5 y T6 de las plantas podadas y del T1 y T3 dentro de las no podadas. En la última fecha, los Ψ_x fueron bajos, con indicios de estar próximos a la entrada en receso invernal, obteniéndose valores muy similares entre los tratamientos, resaltando el T2 como el más negativo, pero sin diferencias estadísticamente significativas.

Al analizar los factores por sí solos, se observó que hubo un efecto significativo de la poda, donde las plantas podadas tuvieron Ψ_x menos negativo que las no podadas (Figura 4). Este efecto también pudo evidenciarse a nivel de suelo, en el cual se midió un mayor contenido de agua en el perfil de los tratamientos con plantas podadas (Figura 2), lo que denota la menor transpiración que tuvieron estas plantas.

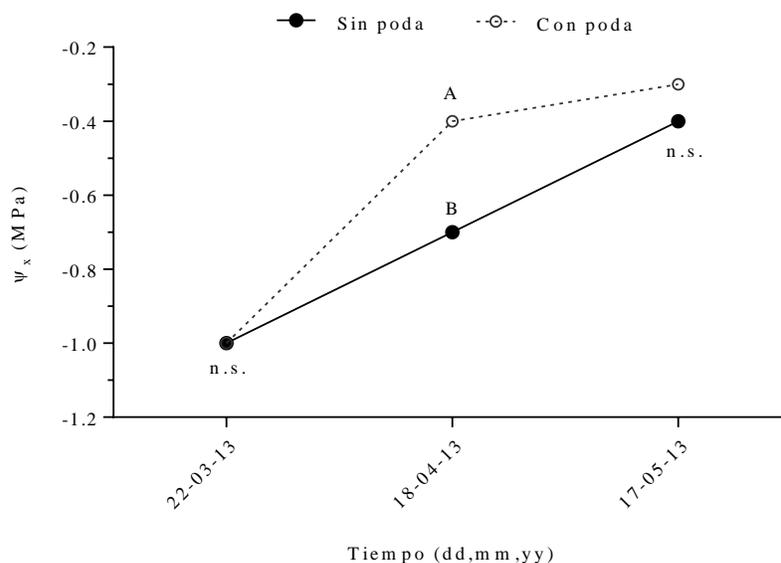


Figura 4. Efecto de la poda sobre el potencial xilemático (Ψ_x) durante una sequía en postcosecha, en vides cv. Moscatel Rosada en Vicuña, Región de Coquimbo, donde las líneas continuas son los tratamientos sin poda y las punteadas con poda.

La tendencia de las mediciones fueron contrarias a lo esperado, ya que los valores de Ψ_x fueron cada vez menos negativos a medida que avanzaban los días sin suministro de agua. Esta situación fue registrada por las sondas instaladas en campo, donde se observó una disminución importante en el contenido de agua en el transcurso de los días, llegando incluso a PMP en algunos tratamientos. El comportamiento diario del potencial hídrico xilemático está estrechamente relacionado con el contenido de agua en el suelo, pero además con factores ambientales (Ainsa, 2009). Estudios realizados en vides de mesa han arrojado variaciones del potencial hídrico xilemático en función de factores ambientales diurnos (Smart, 1974; Van Zyl, 1987). Al respecto, McCutchan y Shackel (1992) encontraron que el potencial hídrico foliar y xilemático del ciruelo fue mayormente relacionado con el DPV que con la humedad relativa, la radiación solar, la temperatura ambiente o la velocidad del viento al mediodía. En la misma línea, Williams y Baeza (2007) encontraron que el comportamiento diurno del potencial hídrico xilemático en vides de cultivares Thomson Seedless, Merlot y Cabernet Sauvignon tiene una mayor variación con el DPV que con la temperatura ambiente, ajustándose a una ecuación del tipo lineal.

En base a los antecedentes entregados, en el presente estudio el potencial xilemático a mediodía se relacionó linealmente con el DPV, con un coeficiente de determinación de 0,78 ($p < 0,0001$) (Figura 5), lo que indica que los datos se ajustaron de igual forma al modelo lineal obtenido por Williams y Baeza (2007). En el periodo de estudio se observó que hubo un desacople del estado hídrico del suelo con el Ψ_x , el cual varió mayormente según factores ambientales, específicamente el DPV, el que tuvo un rango entre 1 a 5 kPa (Apéndice 1) que explicaría la tendencia que tuvo el Ψ_x .

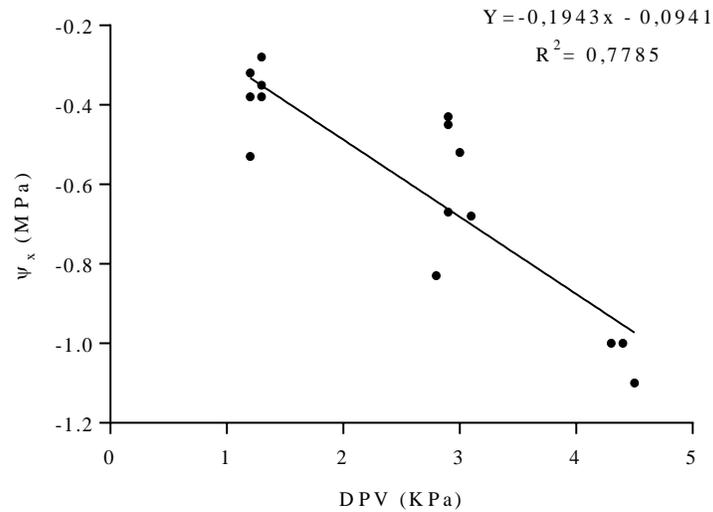


Figura 5. Relación entre el el potencial xilemático (Ψ_x) y el Déficit de Presión de Vapor (DPV) durante una sequía en postcosecha, en vides cv. Moscatel Rosada en Vicuña, Región de Coquimbo.

Conductancia estomática (g_s)

En la Figura 6 se observa la evolución de la conductancia estomática en el tiempo, donde los tratamientos con enmiendas (Ácido Húmico y Estiércol) tienen su punto de inicio por sobre el tratamiento sin enmienda, siendo el estiércol el que presentó un valor de conductancia mayor al resto de los tratamientos. Al cabo de 4 semanas, los tratamientos que fueron podados aumentaron su conductancia estomática, a excepción del tratamiento con estiércol (T6), el cual tuvo una disminución de esta, pero siendo de todas formas mayor a su par no podado (T3). Posteriormente todos los tratamientos disminuyeron su conductancia hacia el final de la temporada, alcanzando valores mínimos. Esto se podría deber a la entrada en receso invernal de las plantas, en línea con lo reportado por los autores Edson et al. (1995) y Petrie et al. (2000) para los cvs. Seyval y Pinot Noir, respectivamente. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en ninguna de las mediciones realizadas.

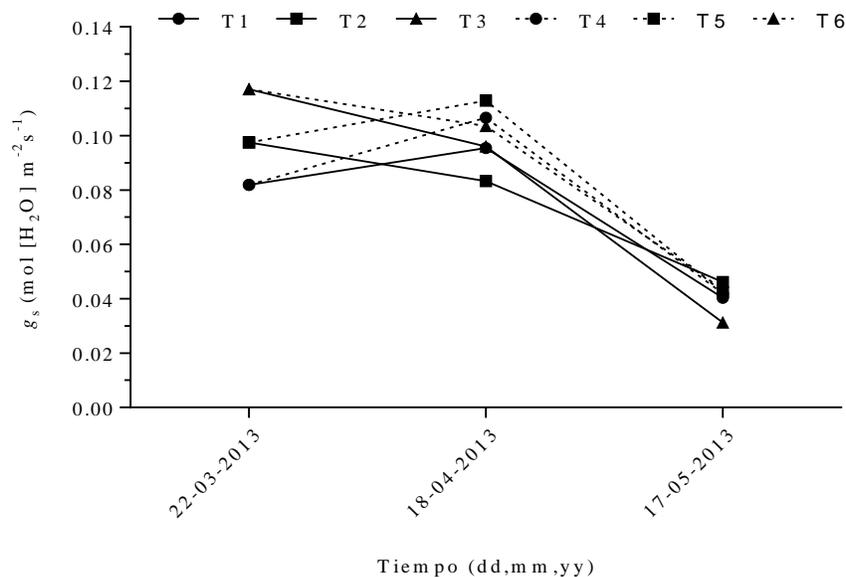


Figura 6. Efecto de los tratamientos de enmiendas y poda sobre la conductancia estomática (g_s) durante una sequía en postcosecha, en vides cv. Moscatel Rosada en Vicuña, Región de Coquimbo, donde las líneas continuas son los tratamientos sin poda y las punteadas con poda.

Los valores medios de conductancia estomática fluctuaron en las primeras dos mediciones entre los 0,117 y 0,082 mol[H₂O] m⁻²s⁻¹, similar a los obtenidos por Cuevas et al. (2006) en vides con similares contenidos de agua en el suelo, bajo un clima mediterráneo y clase textural arcillo arenosa. También Williams y Baeza (2007) en vides sin aplicación de agua y con mediciones tomadas a las 16:00 h, obtuvieron un promedio de 0,100 mol[H₂O] m⁻²s⁻¹. Estos valores se consideran bajos en comparación a los máximos registrados por otros autores: Jacobs et al. (1996) obtuvieron un máximo de g_s para vides con "oferta suficiente de agua" de 0,326 mol[H₂O] m⁻²s⁻¹, Schultz (2003) reportó un máximo de g_s de 0,250 mol[H₂O] m⁻²s⁻¹ y De Souza et al. (2003) en vides que reciben riego en un campo en Portugal promedió 0,300 mol[H₂O] m⁻²s⁻¹.

Considerando que en el presente ensayo hubo una disminución constante en el contenido de agua a través del tiempo, sumado al alto DPV en los horarios en que se realizaron las mediciones que, según Opazo (2012) serían máximos entre las 14:00 y 15:00 h, es que se explica el rango de los valores obtenidos. Además, según Escalona et al. (2003), los valores máximos de g_s se obtienen alrededor de las 9:00 h.

Según lo anterior, el comportamiento de la conductancia estomática podría estar explicado por los horarios en que se realizaron las mediciones, además de las propiedades del suelo y los diferentes comportamientos estomáticos de los cultivares bajo condiciones de sequía y alto DPV (Schultz, 2000; Williams, 1996). Según Williams et al. (1994), existe un efecto creciente del DPV sobre la g_s a medida que el contenido de agua en el suelo va disminuyendo.

Fotosíntesis neta (P_n)

La fotosíntesis neta, al igual que la conductancia estomática, en los tratamientos con enmiendas (Ácido Húmico y Estiércol) exhibió valores más altos al inicio (Figura 7). En la segunda medición, los tratamientos que fueron podados tuvieron los valores más altos de P_n , disminuyendo levemente en el caso del estiércol, manteniéndose en el tratamiento con ácido húmico e inclusive aumentando en el tratamiento sin enmienda. Posteriormente, todos los tratamientos disminuyeron su P_n producto de la entrada en receso invernal, aunque los tratamientos podados disminuyeron a una mayor tasa que los no podados. Cuevas et al. (2006) señalan que las diferencias diurnas que se producen en la P_n son producto de un aumento en la fotorespiración como resultado de un aumento de la temperaturas de las hojas, el cual está dado por aumentos de la temperatura ambiente y el DPV, pero también debido a un aumento del estrés hídrico (Alburquerque-Regina, 1993). Es así como los tratamientos podados reflejaron una mejor respuesta fisiológica, bajo los mismos factores de alto DPV y sequía absoluta en las plantas, aunque sin diferencias estadísticamente significativas.

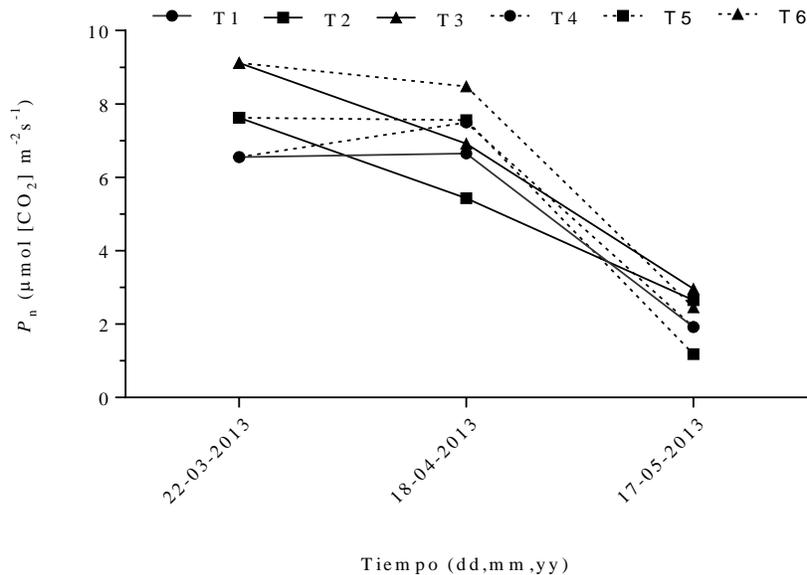


Figura 7. Efecto de los tratamientos de enmiendas y poda sobre la fotosíntesis neta (P_n) durante una sequía en postcosecha, en vides cv. Moscatel Rosada en Vicuña, Región de Coquimbo, donde las líneas continuas son los tratamientos sin poda y las punteadas con poda.

Relación entre potencial xilemático, conductancia estomática y fotosíntesis neta

Como no se detectaron diferencias entre los tratamientos en las variables Ψ_x , g_s y P_n , se agruparon los valores obtenidos y se analizó la correlación entre estas variables. En la tercera fecha, la relación entre Ψ_x y g_s no fue significativa, ya que esta medición se llevó a cabo en un día nublado, donde además la entrada al receso invernal estaba próxima a iniciar, por lo que no fueron incluidos. Se observó que existe una relación lineal positiva significativa entre

las variables ($p = 0,04$) con una tendencia a aumentar la g_s a medida que el Ψ_x se hace más positivo (Figura 8).

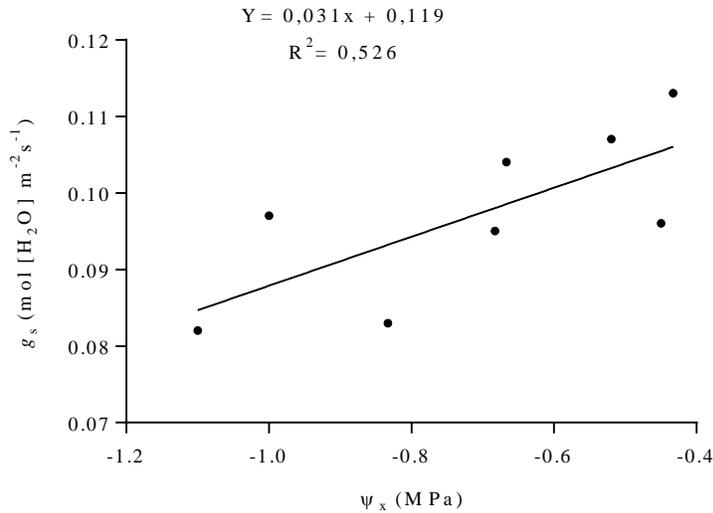


Figura 8. Relación entre la conductancia estomática (g_s) y el potencial xilemático (Ψ_x) durante una sequía en postcosecha, en vides cv. Moscatel Rosada en Vicuña, Región de Coquimbo.

La relación entre P_n y g_s también fue significativa ($p < 0,0001$) con una relación lineal directa entre estas variables (Figura 9). Se puede deducir que, ante un evento de estrés, el Ψ_x se hará más negativo, lo que produce que la g_s disminuya debido a un cierre parcial de los estomas que, a su vez, reduce la P_n , al disminuir la concentración de CO_2 en los sitios de carboxilación. Este mismo efecto se observó en vides (Flexas et al., 1999) y en paltos (Chartzoulakis et al., 2002) pero, a diferencia del presente estudio, estos autores encontraron una relación significativa entre P_n y Ψ_x .

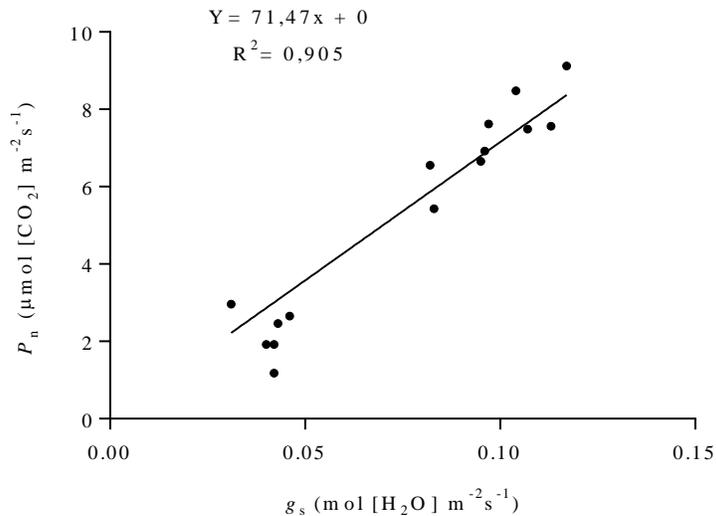


Figura 9. Relación entre la fotosíntesis neta (P_n) y la conductancia estomática (g_s) durante una sequía en postcosecha en vides cv. Moscatel Rosada en Vicuña, Región de Coquimbo.

Temperatura de la hoja (T_h)

No se identificaron diferencias en las mediciones de temperatura foliar, en ninguna fecha de medición (Apéndice 5). Después de la poda, se observaron diferencias leves, por lo tanto se puede concluir que este parámetro no reflejó el estado hídrico de las plantas. Resultados similares obtuvo Ferreyra et al. (2002) en un estudio realizado en duraznero, donde tampoco se detectaron diferencias en esta variable en hojas de plantas sometidas a tratamientos con distintos niveles de riego.

Análisis de los componentes del rendimiento de la temporada siguiente

En las mediciones realizadas a principios de la temporada siguiente, después de haber realizado el ensayo (noviembre 2013), los brotes basales y distales no presentaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al largo, número de nudos y largo de entre nudos. Tampoco lo hubo en el número total de brotes, ni en el número de racimos totales (Cuadros 7 y 8). Esto indicaría que, bajo las condiciones impuestas en este ensayo, los tratamientos podados tendrían mejores condiciones fisiológicas (Ψ_x menos negativos) que sus pares no podados, gracias al área foliar removida a través de la poda, sin tener un mayor impacto sobre los componentes del rendimiento de la temporada siguiente. Además, la poda permitiría un ahorro efectivo de agua de 6,4 mm producto de la suspensión del riego en poscosecha.

Cuadro 7. Largo, n° de nudos y largo de entre nudos de los brotes basales y distales de una vid cv. Moscatel Rosada en Vicuña, Región de Coquimbo.

Posición	Tratamientos	Largo de brotes cm	Número nudos por brote unidades	Largo de entre nudos por brote cm
Basal	T1	53,2 ($\pm 26,2$)	12,6 ($\pm 3,8$)	3,7 ($\pm 1,1$)
	T2	43,3 ($\pm 20,0$)	11,6 ($\pm 4,7$)	3,4 ($\pm 0,8$)
	T3	34,3 ($\pm 15,9$)	12,0 ($\pm 2,9$)	2,6 ($\pm 0,7$)
	T4	56,2 ($\pm 24,2$)	14,3 ($\pm 2,8$)	5,5 ($\pm 1,1$)
	T5	55,3 ($\pm 40,0$)	11,7 ($\pm 3,6$)	4,1 ($\pm 2,1$)
	T6	58,6 ($\pm 16,9$)	14,6 ($\pm 3,4$)	3,7 ($\pm 0,7$)
Distal	T1	50,0 ($\pm 27,7$)	12,8 ($\pm 2,3$)	3,4 ($\pm 1,5$)
	T2	53,9 ($\pm 14,7$)	14,3 ($\pm 2,7$)	3,5 ($\pm 0,6$)
	T3	50,6 ($\pm 19,9$)	13,9 ($\pm 3,8$)	3,3 ($\pm 0,5$)
	T4	48,6 ($\pm 17,5$)	13,0 ($\pm 3,2$)	3,4 ($\pm 0,9$)
	T5	40,1 ($\pm 19,5$)	11,1 ($\pm 3,1$)	3,2 ($\pm 0,9$)
	T6	43,1 ($\pm 23,7$)	12,2 ($\pm 3,4$)	3,1 ($\pm 0,9$)

Promedio \pm DS.

Cuadro 8. Número de racimos y de brotes de una vid cv. Moscatel Rosada en Vicuña, Región de Coquimbo.

Trat.	N° racimos totales	N° racimos grandes	N° racimos chicos	N° brotes totales	N° brotes con racimos	N° brotes vegetativos
-----Unidades-----						
T1	23,0 ($\pm 7,8$)	14,0 ($\pm 4,4$)	9,0 ($\pm 6,0$)	64,0 ($\pm 12,1$)	14,3 ($\pm 4,2$)	49,7 ($\pm 9,5$)
T2	23,0 ($\pm 4,4$)	12,0 ($\pm 4,4$)	11,0 ($\pm 3,5$)	73,7 ($\pm 23,0$)	14,5 ($\pm 2,5$)	59,2 ($\pm 3,5$)
T3	22,7 ($\pm 10,5$)	15,3 ($\pm 12,5$)	7,3 ($\pm 2,1$)	69,7 ($\pm 12,0$)	16,3 ($\pm 10,0$)	53,3 (13,0)
T4	31,7 ($\pm 5,9$)	19,3 ($\pm 4,7$)	12,3 ($\pm 2,3$)	80,3 ($\pm 32,5$)	19,0 ($\pm 3,0$)	61,3 ($\pm 29,7$)
T5	16,7 ($\pm 11,7$)	8,7 ($\pm 4,0$)	8,0 ($\pm 8,5$)	61,0 ($\pm 1,2$)	10,0 ($\pm 4,4$)	51,0 ($\pm 10,1$)
T6	16,3 ($\pm 11,0$)	10,0 ($\pm 8,7$)	6,3 ($\pm 2,5$)	66,0 ($\pm 14,0$)	14,5 ($\pm 3,5$)	51,5 ($\pm 10,8$)

Promedio \pm DS.

CONCLUSIONES

Los resultados de aplicar distintas enmiendas de suelos y manejos de poda, bajo un estrés hídrico severo tardío en postcosecha, en plantas de vid cultivadas en un suelo franco arenoso, permiten concluir que:

- Los efectos de las enmiendas a nivel de propiedades del suelo fueron sólo marginales. La aplicación de ácido húmico produjo un efecto significativo sobre el número de poros de drenaje rápido en profundidad. Sin embargo, el consumo de agua durante el periodo de sequía alcanzó niveles críticos, por debajo del PMP a profundidades de 60 cm.
- Las enmiendas no produjeron efectos significativos sobre los parámetros de potencial xilemático (Ψ_x), fotosíntesis neta (P_n), conductancia estomática (g_s) y temperatura foliar (T_h). La poda en tanto produjo un efecto positivo sobre el estado hídrico de la planta en la segunda fecha de medición, logrando potenciales hídricos menos negativos, siendo además esta última variable altamente correlativa con factores ambientales, específicamente con el DPV.
- Existe una relación significativa entre el potencial xilemático (Ψ_x) y la conductancia estomática (g_s), con una disminución de la g_s a medida que el Ψ_x se hace más negativo. Además existe una relación significativa entre la conductancia estomática (g_s) y la fotosíntesis neta (P_n) con un incremento lineal directo entre estos.
- No hubo diferencias significativas en cuanto a los componentes de rendimiento de la temporada siguiente, por lo que los tratamientos podados bajo las condiciones del ensayo, tendrían mejores condiciones fisiológicas frente a una sequía severa, sin afectar la producción de la temporada siguiente, permitiendo, además, un ahorro efectivo de agua en postcosecha.

BIBLIOGRAFÍA

Abiven, S.; S. Menasseri and C. Chenu. 2009. The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability - A literature analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 41: 1-12.

Ainsa, A. 2009. 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 Ingeniero Agrónomo. Coquimbo, Chile: Escuela de Agronomía, Universidad de la Serena. 71h.

Alburquerque-Regina, M. 1993. Réponses des cépages de *Vitis vinifera* L. aux variations de l'environnement: effets de la contrainte hydrique sur la photosynthèse, la photorespiration et la teneur en acide abscissique des feuilles. Thèse de Doctorat. Bordeaux, France: Université de Bordeaux. 68h.

Barzegar, A.; A. Yousefi and A. Daryashenas. 2002. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. *Plant and Soil*, 247: 295-301.

Baumgartl T. and R. Horn. 1991. Effect of aggregate stability on soil compaction. *Soil and Tillage Research*, 19: 203-213.

Benavides, C. 1992. El suelo como sistema físico. pp: 121-153. En: Vera, W. (Ed). Suelos, una visión actualizada del recurso. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales, Universidad de Chile. 345p.

Bohn, H.; B. Mcneal y G. O'connor. 1993. Química del suelo. Balderas, México: Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores. 370p.

Buttrose, M. 1969. Vegetative growth of grape-vine varieties under controlled temperature and light intensity. *Vitis*, 8: 280-285.

CEAZA (Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas), Chile. 2014. Boletín Climático, Septiembre 2014. Coquimbo, Chile: CEAZA. 23p.

Chartzoulakis, K.; A. Patakas; G. Kodifis; A. Bosabalidis and A. Nastou. 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Scientia Horticulturae*, 95: 39-50.

Chaves, M.; J. Pereira; J. Maroco; M. Rodrigues; C. Ricardo; M. Osorio et al. 2002. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annals of Botany*, 89: 907-916.

CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales), Chile. 2005. Estudio agrológico IV Región: Descripción de suelos, materiales y símbolos. Santiago, Chile: CIREN. 292p.

CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales), Chile. 1990. Atlas Agroclimático de Chile: Regiones IV a IX. Santiago, Chile: CIREN. 67p.

Cortés, A. 2011. Estabilización de camellones con paltos vía enmiendas orgánicas y cultivos de cobertura. Memoria Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 44h.

Currle, O.; O. Bauer; W. Hofäcker; F. Schumann und W. Frisch. 1983. Biologie der Rebe: Aufbau, Entwicklung, Wachstum. Neustadt an der Weinstrasse, Deutschland: Meininger. 301p.

Cuevas, E.; P. Baeza and J.R. Lissarrague. 2006. Variation in stomatal behaviour and gas exchange between mid-morning and mid-afternoon of north-south oriented grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo) at different levels of soil water availability. *Scientia Horticulturae*, 108: 173-180.

Dane, J. and G. Topp. (Eds.). 2002. Methods of Soil Analysis: Part 4. Physical Methods. Book Series N° 5. Madison, Wisconsin, USDA: Soil Science Society of America. 1692p.

De Souza, C.; J. Maroco; T. Dos Santos; M. Rodrigues; C. Lopez; J. Pereira et al. 2003. Partial rootzone drying: Regulation of stomatal aperture and carbon assimilation in field-grown grapevines (*Vitis vinifera* cv. Moscatel). *Functional Plant Biology*, 30: 653-662.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2013. Pronóstico de disponibilidad de agua temporada de riego 2013-2014. Santiago, Chile: DGA. 18p.

Edson, C.; G. Howell and J. Flore. 1995. Influence of crop load on photosynthesis and dry matter partitioning of seyval grapevines. II. Seasonal changes in single leaf and whole vine photosynthesis. *American Journal of Enology and Viticulture*, 6: 469-477.

Escalona, J.M.; J. Flexas; J. Bota and H. Medrano. 2003. Distribution of leaf photosynthesis and transpiration within grapevine canopies under different drought conditions. *Vitis*, 42: 57-64.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), Japón. 2003. Descubrir el Potencial del Agua para la Agricultura. Kyoto, Japón: FAO. 72p.

Fernández, P. 2013. Cambio en las propiedades físicas de un suelo con camellones tratado con dos fuentes ácidas, V Región de Chile. Memoria Ingeniera Agrónoma. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 30h.

Ferreira, R; G. Sellés y G. Lemus. 2002. Efecto del estrés hídrico durante la fase II del crecimiento del fruto del duraznero cv. Kakamas en el rendimiento y estado hídrico de las plantas. *Agricultura Técnica*, 62: 565-573.

Flexas, J.; J.M. Escalona and H. Medrano. 1999. Water stress induces different levels of photosynthesis and electron transport rate regulation in grapevines. *Plant Cell and Environment*, 22: 39-48.

Gajardo, G. 2011. Definición de la cantidad de muestras de propiedades físicas de suelo en sitios descepados y cultivados con vid (*Vitis vinifera* L.) en una ladera del Valle de Apalta, Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Memoria Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 65h.

Hartge, K. und R. Horn. 2009. Die physikalische untersuchung von Böden. Praxis messmethoden, auswertung. Stuttgart, Deutschland: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhanlung. 178p.

Hillel, D. 1998. Environmental Soil Physics. New York, USA: Academic Press. 771p.

Horn, R.; H. Taubner; M. Wuttke and T. Baumgartl. 1994. Soil physical properties related to soil structure. *Soil and Tillage Research*, 30: 187-216.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2009. Catastro vitícola 2007-2008. Santiago, Chile: INE. 76p.

Jacobs, C.; B. van den Hurk and H. de Bruin. 1996. Stomatal behaviours and photosynthetic rate of unstressed grapevines in semi-arid conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 80: 111-134.

Marín, E. 2011. Estabilización de camellones con cultivo de mandarina (*Citrus reticulata*) mediante el uso de dos fuentes de materia orgánica, IV Región de Chile. Memoria Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 29h.

McCutchan, H. and K.A. Shackel. 1992. Stem-water potential as a sensitive indicator of water stress in prune trees (*Prunus domestica* L. cv. French). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117: 607-611.

Mondaca, J.P. 2000. Curva de retención de humedad como indicador de calidad de suelo. Memoria Ingeniero Agrónomo. Chillán, Chile: Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción. 40h.

Murray, F. 1967. On the computation of saturation vapor pressure. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 6: 203-204.

Navarrete, J. 2012. Efecto de distintos criterios de riego sobre variables fisiológicas y parámetros productivos de uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) variedad Red Globe. Tesis Ingeniero Agrónomo y Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Agrícola. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 73h.

Oades J.M. 1993. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma*, 56: 377-400.

ODEPA (Oficina De Estudios y Políticas Agrarias), Chile. 2013. Uva de mesa: Se ratifica liderazgo exportador mundial de Chile. Santiago, Chile: ODEPA. 12p.

Opazo, I. 2012. Evaluación de diferentes estrategias de riego deficitario en granado (*Punica granatum* L. var. Wonderful), que permitan aumentar la productividad del agua y reducir la incidencia de partidura de frutos. Tesis Ingeniero Agrónomo y Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Agrícola. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 103h.

Ortega-Farias, S.; C. Acevedo; Y. Moreno y C. Pardo. 2004. Deshidratación prematura de bayas en cv. "Merlot": posibles causas que conducen a un desequilibrio hídrico del viñedo. Tópicos de Actualización en Viticultura y Enología. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. 18p.

Pachepsky, Y. and A. Rawls. 1999. Accuracy and reliability of pedotransfer function as affected by grouping soils. *Soil Science Society of America Journal*, 63: 1748-1757.

Pardo, C.; Y. Moreno y S. Ortega-Farias. 2004. Deshidratación prematura de bayas en vid vinífera, cv. Merlot; I. Efecto de la relación copa/raíz. Tesis Magíster en Horticultura. Talca, Chile: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca. 48h.

Petrie, P.; M. Trought and G. Howell. 2000. Influence of leaf, ageing leaf area and crop load on photosynthesis, stomatal conductance and senescence of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir) leaves. *Vitis*, 39: 31-36.

Puget, P.; P. Angers and C. Chenu. 1999. Nature of carbohydrates associated with water-stable aggregates of two cultivated soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 31: 55-63.

Razeto, B. 2006. Para entender la fruticultura. Cuarta edición. Santiago, Chile: Bruno Razeto, Edición y Comercialización de Libros. 518p.

Reynolds, W.; C. Drury; C. Tan; C. Fox and X. Yang. 2009. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. *Geoderma*, 152: 252-263.

Richards, D. 1983. The grape root system. *Horticultural Reviews*, 5: 127-168.

Rogiers, S.; D. Greer; J. Hatfield; R. Hutton; S. Clarke; P. Hutchinson et al. 2012. Stomatal response of an anisohydric grapevine cultivar to evaporative demand, available soil moisture and abscisic acid. *Tree Physiology*, 32: 249-261.

Sandoval, M.; J. Dorner; O. Seguel; J. Cuevas y D. Rivera. 2012. Métodos de análisis físicos de suelos. Publicación N°5. Chillán, Chile: Universidad de Concepción Departamento de Suelos y Recursos Naturales. 80p.

Schoeneberger, P.J.; D. Wysocki; E. Benham and W. Broderson. 2002. Field book for describing and sampling soils: Version 2.0. Lincoln, Nebraska, USDA: Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center. 228p.

Schultz, H.R. 2003. Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behavior of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell and Environment*, 26: 1393-1405.

Schultz, H.R. 2000. Physiological mechanisms of water use efficiency in grapevines under drought conditions. *Acta Horticulturae*, 526: 115-136.

Sellés, G.; R. Ferreyra y P. Maldonado. 2002. Cámara de presión: Instrumento para controlar el riego a través de mediciones del estado hídrico de las plantas. *Aconex*, 76: 18-22.

Seguel, O.; C. Baginsky; A. Contreras; J. Covarrubias; C. González and L. Poblete. 2013. Physical properties of a fine textured haplocambid after three years of organic matter amendments management. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(3): 690-705.

Seguel, O.; E. Marín y A. Michaud. 2012. Mejoramiento de propiedades físicas del suelo mediante ácido húmico y rastrojo de trigo. *Red Agrícola*, 46: 12-13.

Seguel, O.; C. Baginsky; A. Contreras; J. Covarrubias; C. Gonzalez and M. Sandoval. 2011. Changes in physical properties of a typic haplocambid by annual crop culture. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 11(1): 1-15.

Seguel, O.; V. Cortázar y M. Casanova. 2003. Variación en el tiempo de las propiedades físicas de un suelo con adición de enmiendas orgánicas. *Agricultura Técnica*, 63 (3): 287-297.

Smart, R.E. 1974. Aspects of water relations of the grapevine (*Vitis vinifera* L.). *American Journal of Enology and Viticulture*, 25: 84-91.

Tapia, F.; A. Ibacache; R. Meneses; G. Lobos; I. Maldonado; R. Ruiz. et al. 2012. Boletín nacional de análisis de riesgos agroclimáticos para las principales especies frutales y cultivos. (Bol. Agr. 08-12), Estación experimental Intihuasi, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Coquimbo, Chile: INIA. 15p.

Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. Fisiología Vegetal. Publicacions de la Universitat Jaume I. En: *Plant Physiology*, 3a. Ed. v.2. Los Ángeles, California. 755p.

Toro, J.P. 2014. Efecto de la consolidación de camellones tratados con enmiendas orgánicas solubles sobre las propiedades físicas del suelo y fisiológicas de las plantas de un huerto de mandarina (*Citrus reticulata* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo y Magíster en Manejo de Suelos y Aguas. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 66h.

Van Zyl, J.L. 1987. Diurnal variation in grapevine water stress as a function of changing soil water status and meteorological conditions. *South African Society for Enology and Viticulture*, 8: 45-52.

Warrick, A. W. 2002. Soil physics companion. Washington D.C., USDA: A. W. Warrick. 389p.

Williams, L.E. and P. Baeza 2007. Relationships among ambient temperature and vapor pressure deficit and leaf and stem water potentials of fully irrigated, field-grown grapevines. *American Journal Enology and Viticulture*, 58: 173-181.

Williams, L.E. 1996. Effects of soil water content and environmental conditions on vine water status and gas exchange of *Vitis vinifera* L. cv. chardonnay. *Les Terroirs Viticoles*, 161-163.

Williams, L.E.; D. Grimes; W. Peacock; C. Phene. And J. Ayers. 1995. Water use of grapevines measured by weighing lysimetry effecy of table grape cultural. Kearney, USDA: Agricultural Center, Internal Report. 14p.

Williams, L.E.; N.K. Dokoozlian and R. Wample. 1994. Grape. In: Schaffer, B.; P.C. Anderson (Eds.). Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. Boca Ratón, FL, USDA: CRC Press. 133p.

Zhang, B.; R. Horn and P. Hallet. 2005. Mechanical resilience of degraded soil amended with organic matter. *Soil Science Society of American Journal*, 69: 864-871.

Zeng, C.; Q. Wang; F. Zhang and J. Zhang. 2013. Temporal changes in soil hydraulic conductivity with different soil types and irrigation methods. *Geoderma*, 193-194: 290-299.

APÉNDICE 1

Variables climáticas

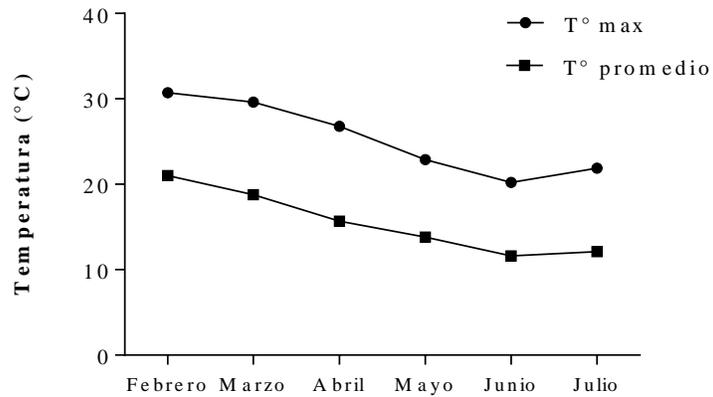


Figura 1. Evolución de las temperaturas máximas ($T^{\circ}\text{max}$) y Temperaturas promedio ($T^{\circ}\text{promedio}$) mensual de la localidad de Vicuña, IV Región de Coquimbo.

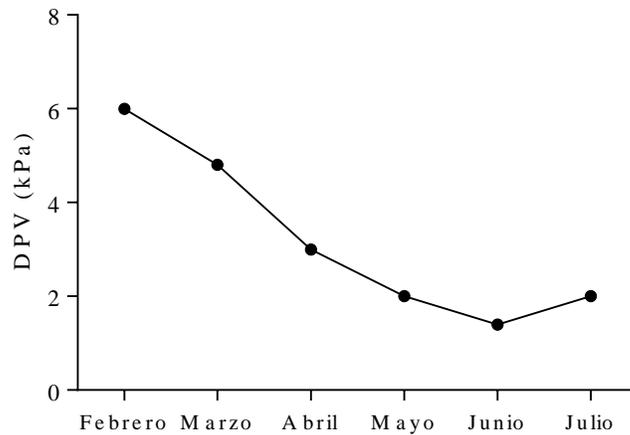


Figura 2. Evolución del Déficit de Presión de Vapor (DPV) promedio mensual de la localidad de Vicuña, IV Región de Coquimbo.

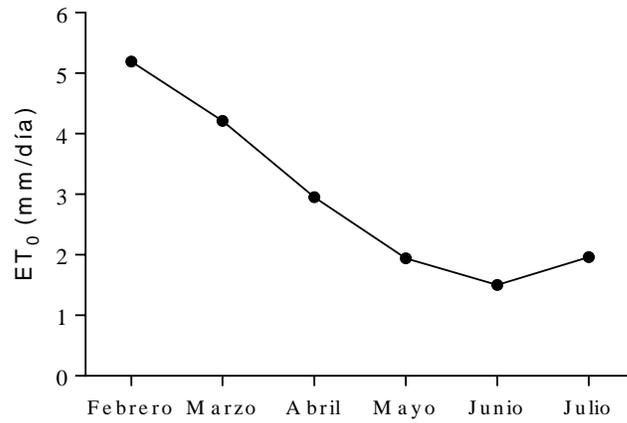


Figura 3. Evolución de la Evapotranspiración de referencia (ET₀) promedio mensual de la localidad de Vicuña, IV Región de Coquimbo.

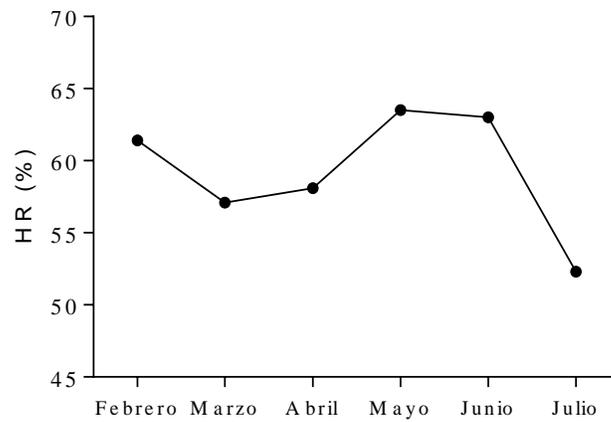


Figura 4. Evolución de la Humedad relativa (HR) promedio mensual de la localidad de Vicuña, IV Región de Coquimbo.

APÉNDICE 2

Descripción del perfil de suelo

Según el análisis morfológico del perfil de suelo, este corresponde a un suelo de origen aluvial, en posición de terraza, profundo, estratificado, con escasa pedregosidad en superficie (1%) y con presencia abundante de micas, pudiendo asociarse a la Fase 2 de la Serie Quilacán (CIREN, 2005).

Cuadro 1. Características físicas y morfológicas del pedón.

Profundidad (cm)	
0 – 16 A ₁	Color 10 YR 4/3 en húmedo; franco arenosa; plástico y ligeramente adhesivo; friable; estructura de bloques subangulares finos y medios, moderados. Raíces finas y medias escasas; poros finos abundantes y medios comunes; Micas abundantes. Límite lineal claro.
16 - 40 B ₁	Color 10 YR 3/3 en húmedo; franco arcillo arenosa; plástico y adhesivo; estructura de bloques subangulares medios y gruesos moderados; friable. Raíces finas y gruesas escasas; poros gruesos escasos, finos y medios abundantes; con grava fina (< 10%). Límite lineal claro.
40 - 70 B ₂	Color 10 YR 4/3 en húmedo; franco arenosa; plástico y adhesivo; estructura de bloques subangulares medios débiles; muy friable. Raíces finas escasas; poros finos abundantes y medios comunes; con arena gruesa y grava fina común (20%). Límite lineal claro.
70 - 80 C ₁	Horizonte gravoso. Color 10 YR 4/3 en húmedo; areno francosa; no plástico y no adhesivo; estructura grano simple; consistencia suelto; raíces finas muy escasas; poros finos abundantes; con grava fina muy abundante (60%). Límite lineal claro.
80 – 100 2B ₃	Color 2,5 Y 5/4 en húmedo; franca; ligeramente plástico y adhesivo; estructura de bloques subangulares finos débiles; friable. Raíces finas muy escasas; poros finos abundantes y medios escasos; con manchas oscuras 10 Y 3/2 que corresponden a raíces en descomposición.

APÉNDICE 3

Curvas de retención de agua

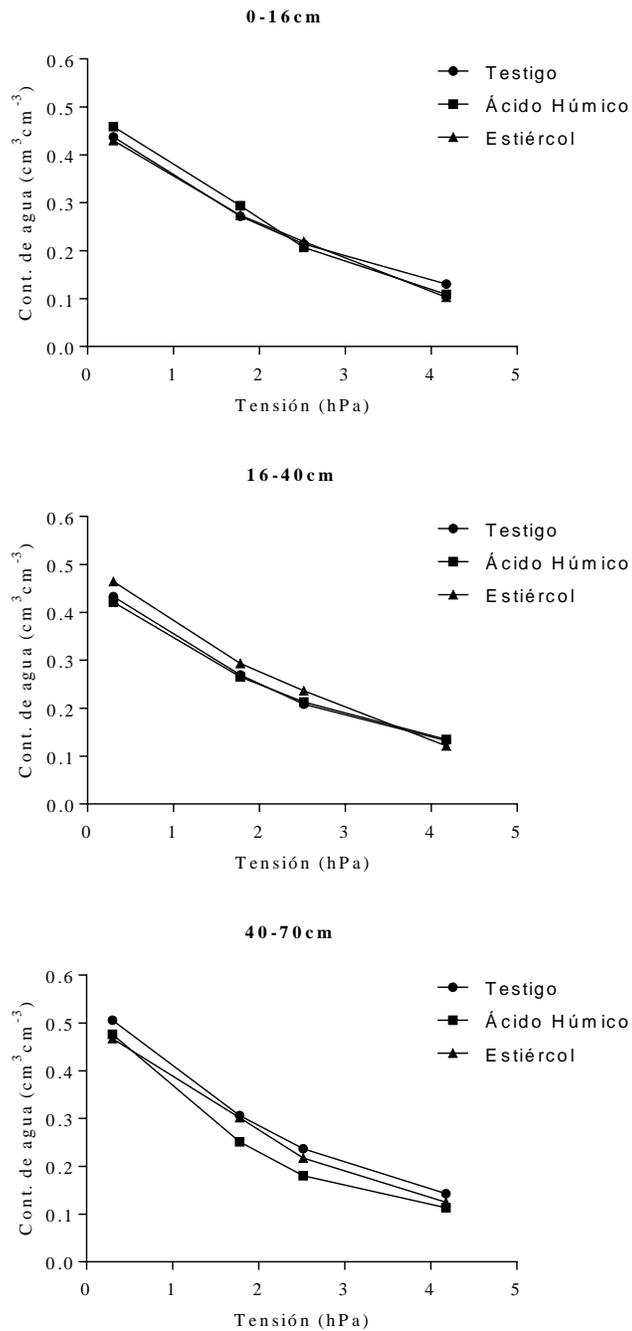


Figura 1. Curvas de retención de agua del horizonte 1 (0-16 cm), horizonte 2 (16-40 cm) y horizonte 3 (40-70 cm) del suelo, post-aplicación de enmiendas.

APÉNDICE 4

Valores medios de Ψ_x , g_s , P_n y T_h

Cuadro 1. Valores medios de Ψ_x en vides cv. Moscatel Rosada, con tratamientos de enmiendas y poda, en función del tiempo.

Tratamientos	Fecha		
	22-03-2013	18-04-2013	17-05-2013
Potencial xilemático			
-----Mpa-----			
T1	-1,1 ($\pm 0,10$)	-0,7 ($\pm 0,13$)	-0,4 ($\pm 0,14$)
T2	-1,0 ($\pm 0,17$)	-0,8 ($\pm 0,06$)	-0,5 ($\pm 0,11$)
T3	-1,0 ($\pm 0,20$)	-0,7 ($\pm 0,21$)	-0,3 ($\pm 0,13$)
T4	-1,1 ($\pm 0,10$)	-0,5 ($\pm 0,08$)	-0,3 ($\pm 0,14$)
T5	-1,0 ($\pm 0,17$)	-0,4 ($\pm 0,15$)	-0,3 ($\pm 0,08$)
T6	-1,0 ($\pm 0,20$)	-0,4 ($\pm 0,15$)	-0,4 ($\pm 0,18$)

Promedio \pm DS.

Cuadro 2. Valores medios de g_s en vides cv. Moscatel Rosada, con tratamientos de enmiendas y poda, en función del tiempo.

Tratamientos	Fecha		
	22-03-2013	18-04-2013	17-05-2013
Conductancia estomática			
-----mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹ -----			
T1	0,082 ($\pm 0,023$)	0,095 ($\pm 0,051$)	0,040 ($\pm 0,008$)
T2	0,097 ($\pm 0,039$)	0,083 ($\pm 0,018$)	0,046 ($\pm 0,009$)
T3	0,117 ($\pm 0,022$)	0,096 ($\pm 0,037$)	0,031 ($\pm 0,009$)
T4	0,082 ($\pm 0,023$)	0,107 ($\pm 0,007$)	0,042 ($\pm 0,003$)
T5	0,097 ($\pm 0,039$)	0,113 ($\pm 0,008$)	0,042 ($\pm 0,013$)
T6	0,117 ($\pm 0,022$)	0,104 ($\pm 0,034$)	0,043 ($\pm 0,006$)

Promedio \pm DS.

Cuadro 3. Valores medios de P_n en vides cv. Moscatel Rosada, con tratamientos de enmiendas y poda, en función del tiempo.

Tratamientos	Fecha		
	22-03-2013	18-04-2013	17-05-2013
	Fotosíntesis neta		
	----- $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ -----		
T1	6,55 ($\pm 1,77$)	6,65 ($\pm 4,45$)	1,92 ($\pm 0,91$)
T2	7,62 ($\pm 2,87$)	5,43 ($\pm 1,24$)	2,65 ($\pm 1,06$)
T3	9,12 ($\pm 2,12$)	6,92 ($\pm 2,44$)	2,96 ($\pm 0,18$)
T4	6,55 ($\pm 1,77$)	7,49 ($\pm 0,83$)	1,92 ($\pm 0,79$)
T5	7,62 ($\pm 2,87$)	7,56 ($\pm 1,26$)	1,18 ($\pm 0,12$)
T6	9,12 ($\pm 2,12$)	8,48 ($\pm 3,13$)	2,46 ($\pm 0,76$)

Promedio \pm DS.Cuadro 4. Valores medios de T_h en vides cv. Moscatel Rosada, con tratamientos de enmiendas y poda, en función del tiempo.

Tratamientos	Fecha		
	22-03-2013	18-04-2013	17-05-2013
	Temperatura foliar		
	----- $^{\circ}\text{C}$ -----		
T1	35,42 ($\pm 0,26$)	30,57 ($\pm 2,41$)	17,95 ($\pm 1,48$)
T2	35,43 ($\pm 0,18$)	29,37 ($\pm 4,29$)	17,76 ($\pm 1,57$)
T3	35,42 ($\pm 0,12$)	29,81 ($\pm 2,78$)	17,48 ($\pm 0,96$)
T4	35,42 ($\pm 0,26$)	30,60 ($\pm 1,66$)	18,66 ($\pm 0,70$)
T5	35,43 ($\pm 0,18$)	30,42 ($\pm 1,79$)	18,02 ($\pm 1,02$)
T6	35,42 ($\pm 0,12$)	29,25 ($\pm 3,72$)	18,15 ($\pm 2,00$)

Promedio \pm DS.Cuadro 5. Potencial hídrico xilemático (Ψ_x) en vides cv. Moscatel Rosada, con tratamientos con y sin poda.

Factor	Potencial hídrico xilemático
	Mpa
Sin poda	-0,73 ($\pm 0,09$)b
Con poda	-0,44 ($\pm 0,08$)a

Promedio \pm DS. Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticamente significativas, según prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

APÉNDICE 5

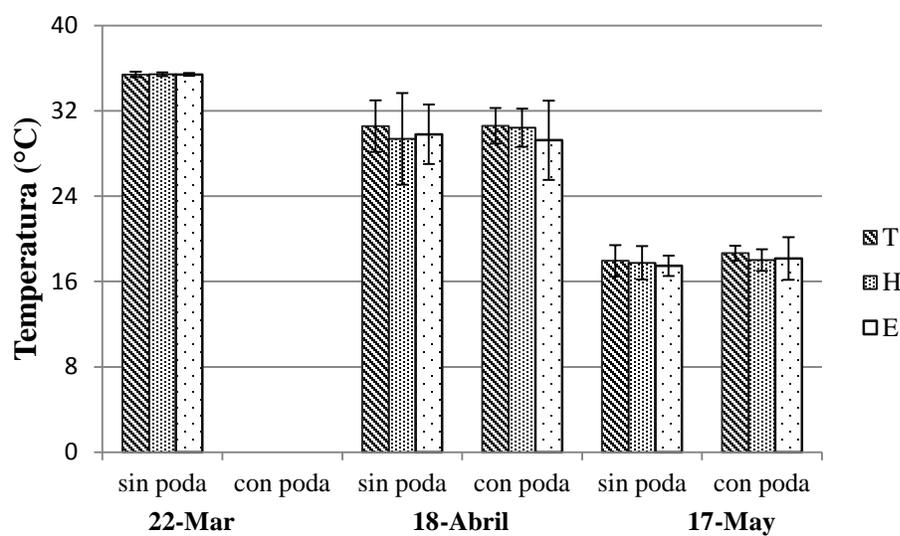


Figura 1. Efecto de los tratamientos de enmiendas y poda sobre la temperatura foliar (T_h) durante una sequía en postcosecha en vides cv. Moscatel Rosada en Vicuña, Región de Coquimbo. T: Testigo sin enmienda; H: Ácido Húmico y E: Estiércol. Sin poda y con poda.