

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**PRODUCCIÓN DE ETILENO EN RAÍCES DE PORTAINJERTOS DE VID
SOMETIDOS A DISTINTAS TASAS DE APLICACIÓN DE RIEGO**

FERNANDA DANIELA GONZÁLEZ CÓRDOVA

SANTIAGO - CHILE
2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**PRODUCCIÓN DE ETILENO EN RAÍCES DE PORTAINJERTOS DE VID
SOMETIDOS A DISTINTAS TASAS DE APLICACIÓN DE RIEGO**

**ETHYLENE PRODUCTION IN ROOTS OF VINE ROOTSTOCKS SUBMITTED TO
DIFFERENT RATES OF IRRIGATION**

FERNANDA DANIELA GONZÁLEZ CÓRDOVA

SANTIAGO - CHILE
2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**PRODUCCIÓN DE ETILENO EN RAÍCES DE PORTAINJERTOS DE VID
SOMETIDOS A DISTINTAS TASAS DE APLICACIÓN DE RIEGO**

Memoria para optar al Título Profesional de:
Ingeniera Agrónoma

FERNANDA DANIELA GONZÁLEZ CÓRDOVA

PROFESOR GUÍA	CALIFICACIONES
Sra. María Cecilia Peppi Aronowsky Ingeniera Agrónoma, M.S Ph. D.	6,8
PROFESORES EVALUADORES	
Sr. Thomas Fichet Lagos Ingeniero Agrónomo, Dr.	5,5
Sr. Edmundo Acevedo Hinojosa Ingeniero Agrónomo, M.S Ph. D.	6,0

SANTIAGO - CHILE
2017

AGREDECIMIENTOS

A mis padres, Fernando González Saldaña y Angélica Córdova Domínguez, a mis hermanas, Jessika González, Sandra González y Claudia González y a mis cuñados, José García y Pedro López, muchas gracias por su apoyo y amor constante e incondicional durante todo este proceso.

A mis amigos y a Carlos Meza, ya que, debido a su ayuda desinteresada, logré llevar a cabo de principio a fin mi ensayo experimental.

A mi profesora guía, María Cecilia Peppi, quien me enseñó, aconsejó, orientó y fue mi soporte en todo momento. También a la profesora Erika Kania, por ayudarme y guiarme cada vez que requerí de sus conocimientos.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Hipótesis	6
Objetivos	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
Lugar de estudio.....	7
Materiales.....	7
Métodos	9
Análisis estadístico.....	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
Contenido de etileno en el suelo	13
Crecimiento de brotes en el tiempo	16
Crecimiento final de brotes.....	17
Crecimiento de raíces.....	18
BIBLIOGRAFÍA	20
ANEXO I.....	23
Temperaturas máximas y mínimas RM	23
APÉNDICE I	24
Figuras complementarias	24
APÉNDICE II.....	25
Masa final de raíces	25

RESUMEN

Chile es el principal exportador de uva de mesa en el mundo, y a nivel nacional este frutal representa la mayor superficie plantada. Frecuentemente las raíces de vid deben desarrollarse en suelos con características físicas desfavorables, provocando una merma en el rendimiento. Una forma de abordar este problema es implementar el uso de portainjertos, sin embargo, no se dispone de suficientes antecedentes específicos que indiquen cómo éstos responden a distintas condiciones del suelo. Uno de los factores a considerar es la humedad del suelo, que, dependiendo de su nivel, puede inducir en las raíces respuestas asociadas al crecimiento y desarrollo o también a la producción de sustancias como el etileno. En consecuencia, se requiere más información sobre el comportamiento de los portainjertos frente a distintos niveles de riego. Los objetivos planteados en esta investigación fueron, determinar la producción de etileno en raíces de tres portainjertos de vid en tres condiciones de humedad del suelo, y evaluar el efecto de la cantidad de agua sobre el desarrollo de brotes y el desarrollo radical de estos portainjertos. El estudio se llevó a cabo en macetas de 20 L, con una mezcla de arena gruesa, perlita y suelo franco arenoso. Los tratamientos correspondieron a la combinación de portainjerto (“Harmony”, “Paulsen 1103” y “Ramsey”) y humedad del suelo (50%, 100% y 150 % de la “capacidad de maceta” de Harmony, efectuando riegos mediante goteros con descargas de 2, 4 y 6 L h⁻¹ respectivamente). Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con estructura factorial de tratamiento 3x3 y seis repeticiones. Se evaluó el etileno producido por las raíces, el crecimiento semanal de brotes y la masa final de raíces. Los resultados no mostraron diferencias en el etileno emitido por raíces de “Harmony”, “Paulsen 1103” y “Ramsey” en ninguna fecha de evaluación, independiente del nivel de riego. La longitud final de brotes solo presentó diferencias entre los niveles de riego, siendo el efectuado a 150% de la “capacidad de maceta” el que mostró mayor crecimiento, independiente del portainjerto utilizado. A partir de la tercera semana se evidenciaron diferencias en el largo de brotes entre tratamientos. “Ramsey” regado a 50% de la “capacidad de maceta” se destacó por presentar los menores valores, permaneciendo así hasta el final de la temporada, mientras que “Paulsen 1103” y “Ramsey” regados a 150% de la “capacidad de maceta” mostraron los mayores crecimientos de brotes desde la sexta semana de evaluación. Los sistemas radicales de los tres portainjertos no presentaron diferencias en masa fresca y seca, independiente del agua suministrada.

Palabras clave: respuesta raíces, *Vitis*, capacidad de maceta, nivel humedad, C₂H₄

ABSTRACT

Chile is the main table grapes exporter of the world, and at national level this fruit represents the largest planted area. Often, grapevine roots must develop in soils with unfavorable physical characteristics, leading to a decline in yield. One way to address this problem is to implement the use of rootstocks; however, there is not enough specific background information to indicate how these respond to different soil conditions. One factor to consider is soil moisture, which, depending on its level, can induce root responses associated with growth and development or with production of substances such as ethylene. Therefore, more information is required regarding rootstocks behavior at different irrigation levels. The objectives of this research were to determine roots ethylene production in three grape rootstocks under three soil moisture conditions and to evaluate the effect of water amount on shoots and roots development of them. The study was carried out in 20 L pots, using a mixture of coarse sand, perlite and sandy loam soil. Treatments corresponded to the combination of rootstock ("Harmony", "Paulsen 1103" or "Ramsey") and soil moisture content (50%, 100% and 150% of "pot capacity" of one Harmony pot, by irrigation with 2, 4 and 6 L h⁻¹ drippers respectively). Experimental design was completely randomized with 3x3 factorial structure and six replicates. Evaluations included ethylene produced by roots, weekly shoot growth and final root mass. Results show no differences in ethylene emitted by roots of "Harmony", "Paulsen 1103" and "Ramsey" on any evaluation date, independent of irrigation level. Final shoot length showed differences only between irrigation levels, with 150% of "pot capacity" showing the highest growth, independent of the rootstock used. From the third week onwards, there were differences in the shoot length between treatments. "Ramsey" irrigated at 50% of "pot capacity" stood out for presenting the lowest values, remaining like this until the end of the season, while "Paulsen 1103" and "Ramsey" irrigated to 150% of the "pot capacity" obtained the highest shoot growths since the sixth week of evaluation. Root system of the three rootstocks showed no differences in fresh and dry mass, independent of the water provided.

Keywords: roots response, *Vitis*, pot capacity, moisture level, C₂H₄

INTRODUCCIÓN

Chile lidera, por un amplio margen, las exportaciones de uva de mesa en el mundo y, a nivel nacional, esta especie frutícola representa la mayor superficie plantada (ODEPA, 2015). Se cultiva en suelos con diversas condiciones físico-químicas, que muchas veces presentan entornos desfavorables para el óptimo desarrollo de las raíces (Ferreyra, 2009). En el mundo, los portainjertos en vid se emplean prioritariamente para tolerar Filoxera (Cousins, 2005). En Chile, no ha sido necesaria la utilización de portainjertos para combatir esta plaga, debido a su inexistencia (Estrada, 2012), sin embargo problemas ocasionados por nematodos y otros factores del suelo han llevado a su uso. Los aspectos físico-químicos del suelo que pueden ser manejados con la utilización de portainjertos incluyen suelos calcáreos, suelos salinos (Bavestrello et al., 2012) o relaciones inadecuadas entre el agua y el aire del suelo (Ferreyra, 2009).

En Chile, la existencia de nematodos en el suelo ha sido la principal razón para utilizar plantas injertadas, y los portainjertos utilizados con mayor frecuencia son “Harmony”, “Freedom”, “Paulsen 1103” y “Ramsey” (Asociación de Viveros de Chile AGV, 2016). Si bien la elección de cada uno de estos portainjertos en general responde a la necesidad de cultivar vides en suelos infestados de nematodos, las distintas condiciones edafoclimáticas de cada unidad productiva han originado tanto éxitos como fracasos. Particularmente, en el Norte de Chile existen reportes de cuarteles de uva de mesa injertados, que presentan problemas de calibre de la fruta, pero la misma variedad sobre el mismo portainjerto también muestra casos exitosos. Una de las teorías que se han manejado para explicar estos resultados, es la influencia del portainjerto en respuesta a la condición hídrica del suelo (Bavestrello et al., 2012).

Si bien, el desarrollo vegetativo y calidad del fruto son impuestos por la variedad (Bates, 2005), algunos autores postulan que el inicio de la floración, el vigor, el estado nutricional, la producción, el tamaño y el sabor del fruto, pueden ser influenciados por el portainjerto (Jiménez et al., 2007; Zarrouk et al., 2005). Actualmente existe escasa, e incluso contradictoria, información respecto a las condiciones físicas del suelo apropiadas para el desarrollo de los diferentes portainjertos asociados a la uva de mesa (Sellés et al., 2012).

El origen de los portainjertos en vid se remonta a fines del siglo XIX, a causa de la introducción accidental de la Filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) a Europa, en donde miles de hectáreas fueron devastadas. Este áfido proveniente de Norteamérica, ataca las raíces provocando la muerte de la especie *Vitis vinifera*. El conocimiento que las vides silvestres provenientes de América del Norte podían crecer en suelos infestados con filoxera, llevó a los científicos a la idea de que estas raíces debían ser resistentes a dicha plaga (Cousins, 2005). De esta manera los viticultores comenzaron a utilizar especies nativas americanas como portainjertos (Pongrácz, 1983). Como resultado de cruzamientos entre especies nativas americanas, surgieron varios portainjertos, que reflejan diversas características de sus parentales (Cousins, 2005).

Los portainjertos actualmente más utilizados para la producción de uva de mesa (Asociación de Viveros de Chile AGV, 2016), básicamente se basan en un grupo reducido de cruzamientos de especies de distinto origen geográfico y que coincidentemente presentan diferencias en su tolerancia a la humedad del suelo (Mancuso y Marras, 2006; Cousins, 2005). Así, “Harmony” y

“Freedom” son resultado del cruzamiento de *V. champinii* x 1613 Couderc (*V. labrusca* x *V. riparia* x *V. vinifera*); “Paulsen 1103” proviene de *V. berlandieri* x *V. rupestris*; mientras que “Ramsey” es una selección de *V. champinii* (Pongrácz, 1983).

El manejo del riego afecta directamente la relación agua-aire del suelo y, según el tipo de portainjerto utilizado, se determinará el grado de adaptación de una planta a determinados ambientes rizosféricos (Arismendi, 2012). Además, el nivel de humedad del suelo afecta directamente el crecimiento vegetativo de la planta (Keller, 2015). En general, en uva de mesa se utilizan riegos al 100% de la evapotranspiración (Ferreya et al., 2011), aunque se ha demostrado que bajando ese porcentaje a 80% de la evapotranspiración, no afecta de mayor manera el crecimiento (Williams, 2012; Williams et al., 2010). No obstante lo anterior existen huertos de uva de mesa que se riegan en exceso.

Respecto al comportamiento frente a condiciones de baja humedad del suelo, algunas especies de vid expuestas a falta de agua, desarrollan suberina en sus raíces impidiendo el desecamiento. El aumento en el número de capas suberizadas impide el flujo de agua desde la raíz hacia el exterior (Mapfumo et al., 1994). Asimismo, el estrés hídrico severo promueve el incremento en la longitud de raíces, lo que les permite a algunas plantas de vid explorar un mayor volumen de sustrato (Bavestrello et al., 2012).

Bajo condiciones de suelos anegados, algunos portainjertos comerciales (utilizados en uva para vino), tales como Couderc 3309, Rupestris St. George y Riparia Gloire, regeneran sus raíces cerca de la superficie del agua (Striegler et al., 1993). Ferreyra et al. (2011) señalan que suelos con contenidos limitados de oxígeno (presencia de macroporos menor al 15%) afectan el metabolismo de las raíces, impidiendo la absorción de agua. Además, mostraron que el portainjerto “Richter 110 (*V. berlandieri* x *V. rupestris*)” tolera condiciones de bajo oxígeno en el suelo.

La reducción del oxígeno en el suelo, bajo el nivel óptimo, se denomina hipoxia, y la completa falta de oxígeno se conoce como anoxia (Drew, 1997). Si bien no existen muchos antecedentes directos de los portainjertos comerciales sobre tolerancia a hipoxia, existen algunas referencias de las especies de *Vitis* que les dieron origen. Por ejemplo, *Vitis riparia* es considerada tolerante a la anoxia, y su forma de adaptación consiste en la reducción y regulación de actividades metabólicas tales como, la producción de ATP, disminución en la permeabilidad de la membrana, una mayor actividad de enzimas clave en la fermentación alcohólica y una mejora en la homeostasis de iones y funcionalidad del canal de K^+ (Mugnai et al., 2011; Mancuso y Marras, 2006). Estos procesos son necesarios para la conservación de la energía (Mancuso y Marras, 2006), dado que la glicólisis es la única fuente de energía durante la anoxia (Zhang y Greenway 1994). Por otro lado, también se señala que la especie *Vitis rupestris* es sensible a la anoxia y no posee mecanismos adaptativos, por lo que, a falta de oxígeno, sus raíces no disminuyen su demanda por éste, lo que conlleva a un desequilibrio en la producción de ATP generando un déficit de energía y finalmente la muerte celular. La principal diferencia en la respuesta de *V. riparia* y *V. rupestris* a la anoxia es su capacidad para hacer frente a las ATPasas transportadoras de iones (Mancuso y Marras, 2006).

Cuando las raíces son sometidas a un período preliminar de aclimatación a hipoxia, mejoran su tolerancia a anoxia. Estos tejidos hipoxicamente pretratados tienen la capacidad de mantener una

alta velocidad glicolítica durante períodos prolongados de anoxia, así como mayores niveles de ATP y carga de energía. Estas adaptaciones metabólicas son fuertemente dependientes de la síntesis de proteínas de novo anaeróbicas. Se realizó un pre tratamiento hipóxico in vitro en plantas de *V. riparia* y *V. rupestris*, comprobando que ambas especies mejoraron su tolerancia a condiciones prolongadas de anoxia, manteniendo un rendimiento sostenible bajo esta condición, especialmente en especies sensibles como *V. rupestris* (Mugnai et al., 2011).

Riegos abundantes o con alta frecuencia pueden ocasionar reducciones de oxígeno en el suelo y producir en las raíces estados de hipoxia prolongados (Sellés et al., 2012). Bajo esta condición (a diferencia de la anoxia), se produce acumulación de sustancias como el etileno (Parent et al., 2008), pues, raíces expuestas a este ambiente utilizan oxígeno libre para la conversión del precursor de etileno (ACC) a etileno (Drew, 1997). Altas concentraciones internas de este gas pueden superar el umbral en que las raíces se desarrollan de forma óptima (Visser et al., 1997), provocando efectos nocivos, tales como, inducción de trastornos fisiológicos en la planta y disminución en la absorción de nutrientes en el suelo (Parent et al., 2008).

El etileno es una fitohormona gaseosa que puede ser sintetizada por todas las partes de la planta. Puede acumularse rápidamente en los tejidos cuando no logra ser liberada en forma adecuada hacia la atmósfera (Visser et al., 2007). Su función fundamental es inducir la muerte tisular promoviendo la desintegración celular (Drew, 1997). Además, el etileno regula una amplia gama de respuestas fisiológicas en la planta, influye en la epinastia de las hojas (Ma et al., 2015; Dod, 2005), induce la expansión lateral de células, promueve la senescencia de hojas y flores, rompe la latencia de los brotes e induce la maduración de los frutos (Ma et al., 2015). Los niveles elevados de etileno son importantes para la inducción de rasgos morfológicos y anatómicos en suelos saturados, como la formación de aerénquima y raíces adventicias. La formación de aerénquima puede estar influenciada por el etileno, mientras que el desarrollo de raíces adventicias parece ser inducido por una interacción entre etileno y auxinas. En plantas de maíz tratadas en suelos saturados, niveles de etileno superiores a $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ suelen ser suficientes para provocar la formación de aerénquima (Visser y Voesenek, 2004). En estudios realizados con especies herbáceas no tolerantes a anegamiento, sus raíces fueron expuestas a oxígeno reducido, manifestando síntesis de mayor cantidad de etileno que especies provenientes de humedales (Visser et al., 2007). En vides, el etileno es una de las hormonas relacionadas con el crecimiento, desarrollo, resistencia biótica y resistencia abiótica de las plantas (Ma et al., 2015).

Una de las técnicas utilizadas recientemente para el muestreo de compuestos gaseosos en la atmósfera del suelo, es a través de “pozos de difusión”, metodología creada y utilizada por Staley (1980). Recientemente, fue utilizada en un estudio que relacionó el contenido de aire de suelos con diferentes texturas con la disponibilidad de oxígeno y su efecto en las relaciones hídricas, donde se extrajo desde el suelo CO_2 , O_2 y etileno (Morales, 2013).

No existe comercialmente el uso de portainjertos tolerantes a hipoxia o anoxia, sino que los distintos portainjertos se pueden enfrentar a estas condiciones. Más aún, en el cultivo de vides para vinificación que generalmente se producen en condiciones de secano o bajo déficit hídrico controlado (Chaves et al., 2010), por lo que la información sobre plantas injertadas con riegos cercanos al 100% de la evapotranspiración es escasa.

De acuerdo a lo planteado, es necesario estudiar los efectos que provoca el contenido de humedad del suelo sobre las raíces de los portainjertos de vid, enfocando la investigación en cuantificar el etileno generado cuando las raíces son sometidas a distintos estreses hídricos (incluyendo exceso de humedad). Por lo tanto, con el fin de obtener información sobre las respuestas de los portainjertos frente a distintas condiciones de humedad, tres portainjertos de vid fueron sometidos a tres contenidos de agua en el suelo para determinar la cantidad de etileno producido por sus raíces y además, evaluar el desarrollo de su sistema radical.

Hipótesis

Los portainjertos de vid comúnmente utilizados en Chile para la producción de uva de mesa, difieren en su producción de etileno en las raíces, según la tasa de aplicación de riego.

Objetivos

Determinar la producción de etileno de las raíces de tres portainjertos de vid en tres condiciones de humedad del suelo.

Evaluar el efecto de la humedad del suelo sobre el desarrollo radical de tres portainjertos de vid.

Evaluar el efecto de la humedad del suelo sobre el crecimiento de brotes de tres portainjertos de vid.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicada en la comuna de La Pintana, Provincia de Santiago, Región Metropolitana, durante la temporada 2014-2015.

Materiales

Se utilizaron plantas barbadas (raíz desnuda) de tres portainjertos de vid, “Harmony” (*V. champinii* x 1613 Couderc), “Ramsey” (*V. champinii*) y “1103-P” (*V. berlandieri* x *V. rupestris*), adquiridas en un vivero comercial.

Los portainjertos se establecieron en macetas plásticas de 20 L con orificios en su base para permitir el drenaje del agua. El sustrato utilizado fue conformado por una mezcla de 23% de arena gruesa, 25% de perlita y 52% de suelo franco arenoso (Serie Santiago). Los componentes fueron adicionados con una mezcladora eléctrica, con el objetivo de homogeneizar el sustrato requerido.

Se determinó la Capacidad de Campo del suelo, pero debido a que se trabajó en macetas, el concepto se denominó “Capacidad de Maceta” (CM) (especificado en Métodos). Para los tratamientos se dispusieron tres criterios de riego para cada portainjerto, los cuales correspondieron a riegos al 100% de la “capacidad de maceta”, una cantidad inferior a la “capacidad de maceta” (50% menos) y una cantidad superior a la “capacidad de maceta” (50% más) (Cuadro 1). Los riegos se realizaron mediante un sistema de goteros con descargas de 2, 4 y 6 L h⁻¹, según el tratamiento.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo.

Tratamiento	Portainjerto	Riego
T1	Harmony	50% de la CM*
T2	Harmony	100% de la CM
T3	Harmony	150% de la CM
T4	Paulsen 1103	50% de la CM
T5	Paulsen 1103	100% de la CM
T6	Paulsen 1103	150% de la CM
T7	Ramsey	50% de la CM
T8	Ramsey	100% de la CM
T9	Ramsey	150% de la CM

*Capacidad de maceta

El portainjerto “Harmony” con riego a 100% de la “capacidad de maceta” fue establecido como control. Este portainjerto es el más utilizado en las plantaciones actuales (Asociación de Viveros de Chile AGV, 2016). Sin embargo, existe información variada respecto a su comportamiento en distintos suelos y distintos regímenes de riego. Mediante la utilización de una balanza digital se pesó diariamente la maceta para determinar el momento de riego. Debido al similar crecimiento de todas las plantas durante el período de evaluación, los riegos se realizaron cuando la maceta control perdió 20% de humedad o un valor cercano. El tiempo de riego fue el necesario para reponer esa cantidad de humedad perdida, regando todas las macetas simultáneamente. Se asumió una pérdida similar de agua por evapotranspiración en los distintos portainjertos, dado que las plantas se encontraban en macetas y su crecimiento fue limitado.

El etileno producido por las raíces se midió a través de "pozos de difusión", metodología descrita por Staley (1980) y utilizada recientemente por Morales (2013). Para extraer el gas del suelo (altura de llenado: 32 cm) que contenían las macetas de 20 L, se utilizaron tubos de aluminio de 29 cm de largo, 8 mm de diámetro externo y 1,3 mm de grosor, que en su interior contenían un capilar de vidrio de 5 mm de diámetro externo para evitar la contaminación de la muestra y además minimizar el volumen muerto generado dentro del tubo. El etileno difundió a través de tres orificios dispuestos al final del tubo de aluminio. El extremo superior del tubo fue sellado con un tapón de goma (Figura 1). Las extracciones se realizaron por medio de jeringas de tuberculina de 1 mL.



Figura 1. (a) Esquema de la herramienta utilizada para muestrear la atmósfera del suelo (modificada de Staley (1980)). (b) Tubo de aluminio para extracción de etileno.

Las muestras de etileno fueron analizadas en un cromatógrafo de gases (marca Shimadzu GC-8A; gas carrier: nitrógeno; columna: marca Supelco, Custom Colum 12102004, support 80/100 Porapak Q, 2,5 FT x 5MM x 3 MM, Glass) disponible en el laboratorio de la Unidad de Postcosecha del Centro Regional de Investigación INIA La Platina, Región Metropolitana. Además, se utilizó una nevera y trozos de caucho para transportar las muestras hacia el laboratorio, lo que se representa gráficamente en la Figura 6.

Al final del período de evaluación se obtuvo el peso fresco y peso seco de las raíces, utilizando una balanza digital. La mezcla de suelo utilizada permitió separar las raíces en forma fácil. La deshidratación de las muestras se consiguió mediante el uso de una estufa de secado (marca Binder), disponible en el laboratorio de Mejoramiento Hortícola, Control de Malezas y Semillas del Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Métodos

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con estructura factorial de tratamiento 3 x 3 (9 tratamientos) (factor nivel humedad, 3 niveles; factor portainjerto, 3 niveles) y 6 repeticiones por tratamiento. El ensayo fue distribuido en una superficie de 2,5 x 3,5 m (Figura 2). La unidad experimental correspondió a una planta de vid en una maceta de 20 L.

Previo al inicio del ensayo, se determinó la “capacidad de maceta”. Para ello se utilizó una balanza digital y se pesó una de las macetas con el sustrato completamente seco (mezcla de suelo sin haber recibido ningún riego), obteniendo un valor de 23,605 kg. A continuación, se saturó el suelo de la maceta. Ésta fue sumergida en un recipiente colmado de agua, hasta que todos los poros estuvieron ocupados (aparición de burbujas). Luego de 24 horas de drenaje se pesó nuevamente, consiguiendo un peso igual a 26,260 kg. La diferencia entre estas cifras arrojó un total de 2,655 kg. Asumiendo que un kilogramo de agua es igual a un litro de agua, se establecieron los 2,655 L como el contenido hídrico a “capacidad de maceta” y se calculó el 20% de esa cantidad, dando como resultado 0,531 L. Este valor corresponde a la pérdida de humedad y se utilizó como indicador de riego. Las macetas se regaron cuando el contenido de agua disminuyó 20% o un porcentaje cercano. Finalmente, se estimó en 8 minutos el tiempo de riego necesario para reponer el 20% de humedad perdida (0,531 L), utilizando la información del gotero de la maceta control (4 L h^{-1}). Todas las macetas fueron regadas de forma simultánea y la diferenciación estuvo dada por la descarga de los goteros utilizados en cada caso (2, 4 y 6 L h^{-1}).

El día 10 de octubre del año 2014 se plantaron los distintos portainjertos. Cada maceta fue llenada con igual cantidad de sustrato, estableciendo en 32 cm la altura de llenado. Una vez constituidas las macetas con sus correspondientes portainjertos, éstas fueron distribuidas sin un orden determinado dentro del área experimental, a una distancia de 10 cm entre ellas (Apéndice I, Figura 5). En seguida, se instalaron las líneas de riego, situando un gotero por maceta, los cuales también fueron instalados al azar en cada portainjerto (Figura 2). De esta forma, a cada portainjerto se le asignó un gotero de 2 L h^{-1} , uno de 4 L h^{-1} o uno de 6 L h^{-1} , lo que determinó el factor nivel de humedad del tratamiento. Finalmente, se introdujo en el sustrato de cada maceta un tubo de aluminio, enterrado a 2/3 de su longitud y a una distancia de 5 cm del eje de la planta. Plantas de “Harmony” con goteros de 4 L h^{-1} fueron utilizadas como referente (control) para los riegos.

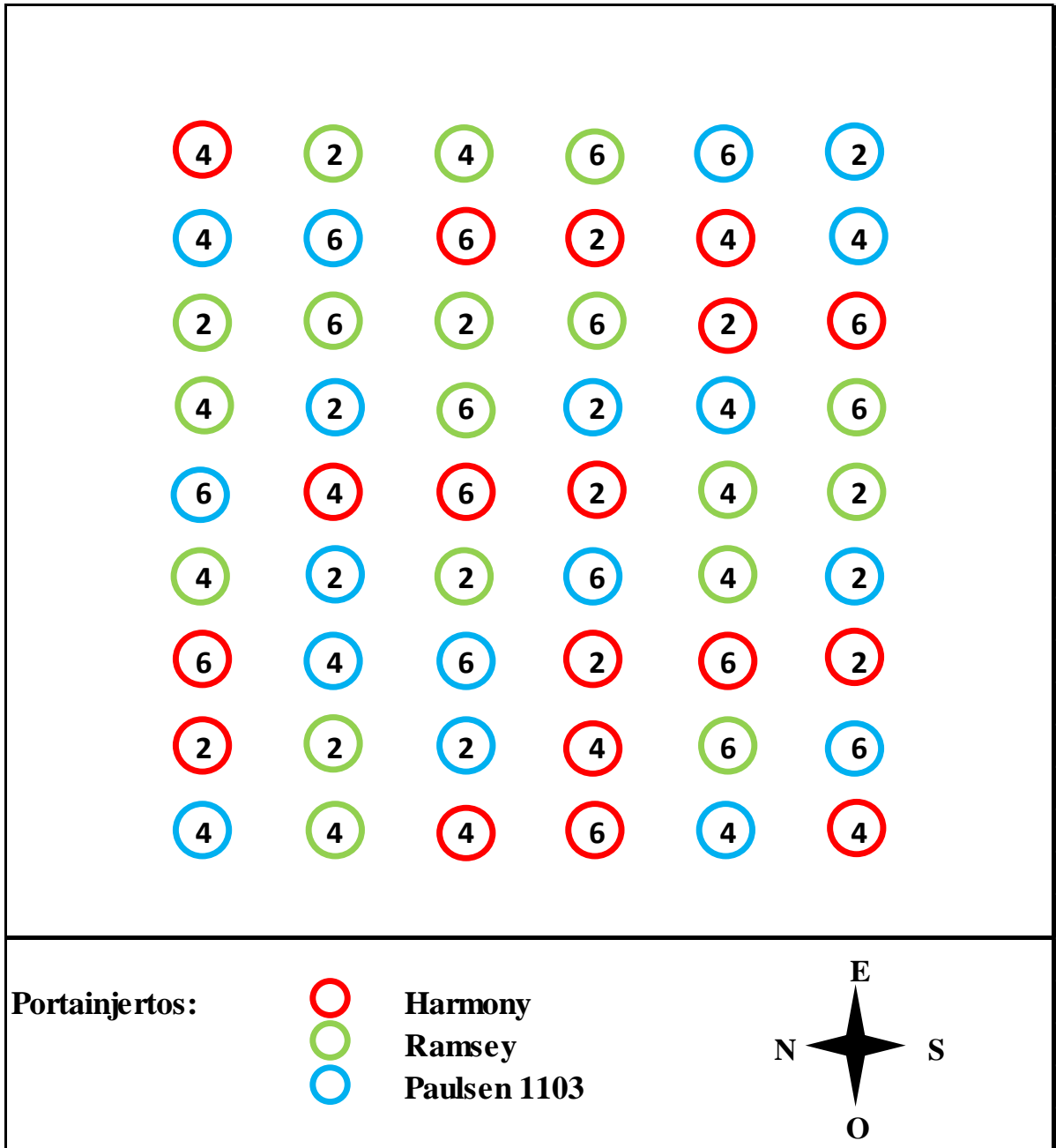


Figura 2. Esquema de establecimiento de las macetas y sus tratamientos en campo. Los números 2, 4 y 6 representan los riegos a 50%, 100% y 150% de “capacidad de maceta” respectivamente.

A comienzos de diciembre del año 2014, cuando la totalidad de las plantas se encontraban brotadas, se realizó una poda y se dejaron dos brotes por planta. Semanalmente se efectuaron mediciones a los brotes para evaluar su crecimiento. Dado el corto tiempo del ensayo, las plantas no se fertilizaron.

Cabe destacar que previo al inicio de los tratamientos, las plantas se regaron con igual cantidad de agua en cada maceta, debido a que se encontraban en período de pleno crecimiento.

El primer riego asociado a tratamiento, se efectuó el día 17 de diciembre del año 2014. Previamente, se verificó el peso de la maceta control “Harmony” 100% de la “capacidad de maceta” (gotero de 4 L h⁻¹). Cuando se comprobó que había evapotranspirado alrededor del 20% de la “capacidad de maceta”, se calculó el tiempo de riego ajustado, ya que, el 20% de humedad se repone en 8 minutos. A continuación se detalla la fórmula utilizada,

$$\text{TRA} = \frac{8 \text{ (min)} \times \Delta \text{ Peso (kg)}}{0,531 \text{ (kg)}}$$

Donde,

TRA: tiempo de riego ajustado (min)

Δ Peso: diferencia de peso de la maceta control (Peso a “capacidad de maceta” - Peso actual) (kg)

0,531: 20 % de humedad perdida desde la maceta control (kg)

8: tiempo necesario para reestablecer la maceta a “capacidad de maceta” luego de perder 20% de humedad (min)

A partir del primer riego se realizó un seguimiento constante al peso de la maceta control para definir el momento de riego, establecido como el instante en que se ha perdido el peso señalado (0,531 kg) o un valor cercano a este. Por lo tanto, para mantener los tratamientos con el contenido de agua relativamente regular, las plantas se regaron de forma simultánea cuando la maceta “Harmony” 100% de la “capacidad de maceta” perdió alrededor del 20% de humedad, utilizando la fórmula descrita anteriormente. Es importante señalar que siempre se utilizó la misma maceta como referente.

Se realizaron seis mediciones de etileno, la primera efectuada el día 9 de enero del 2015 y la última el día 30 de enero del mismo año. El etileno generado por las raíces fue extraído desde un tubo de aluminio, proceso necesario para la obtención una muestra libre de contaminación y para que el gas ascendiera por presión. El procedimiento consistió en inyectar la aguja en la goma superior del tubo, inmediatamente se succionó cuatro veces continuas y a la misma velocidad. A la quinta succión se retuvo el gas en la jeringa, consiguiendo 1 mL de muestra. La metodología anterior se realizó para generar una mayor difusión del etileno dentro del tubo. La extracción de las muestras desde los 54 tubos tuvo una duración total aproximada de 30 min. Logradas las muestras en las jeringas, éstas se pincharon en un trozo de caucho y se introdujeron en una nevera para evitar pérdidas por difusión (Apéndice I, Figura 6). En seguida fueron transportadas al laboratorio de Postcosecha (INIA) y fueron analizadas por cromatografía de gas. Se realizaron inyecciones directo a la columna de gases (específica para etileno), con un tiempo de retención de 0,33 a 0,38 min, obteniendo valores en mg L⁻¹.

Finalmente, el día 4 de febrero de 2015 se desenterraron las plantas desde sus macetas y se comprobó el crecimiento de raíces de los distintos portainjertos. Mediante el uso de tijeras podadoras se escindieron las raíces del resto de la planta para ser pesadas. De esta forma se obtuvo el peso fresco de cada muestra. Posterior a eso, se introdujo cada raíz en bolsas de papel respectivamente rotuladas para luego ser colocadas en una estufa de secado a 77 °C, hasta que las muestras alcanzaron peso constante (48 horas). Una vez cumplido el tiempo establecido se pesaron nuevamente las raíces, para obtener el peso seco de cada muestra.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA), con la verificación previa de los supuestos sobre los términos del error. Aquellas variables que se midieron a lo largo del tiempo, fueron sometidas al procedimiento de modelos lineales generales y mixtos. Para ambos casos, se utilizó la prueba de formación de grupos excluyentes DGC con un 5% de nivel de significancia. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico INFOSTAT versión 2013 (Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de etileno en el suelo

El contenido de etileno señalado en el cromatógrafo de gases, manifestó el comportamiento presentado por las raíces de los diferentes portainjertos a los distintos contenidos de agua aplicados. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para cada fecha por separado, y se comprobó que no existió interacción entre los niveles del factor portainjerto y del factor riego, lo que significa que actuaron de manera independiente. A continuación se muestran los resultados obtenidos (cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Efecto del factor portainjerto en cada fecha de evaluación, para la variable etileno.

Portainjerto	Etileno					
	2015					
	09-ene	13-ene	16-ene	23-ene	27-ene	30-ene
	----- (mg L ⁻¹) -----					
Harmony	0,16 a	0,11 a	0,13 b	0,18 a	0,14 a	0,14 a
Paulsen 1103	0,21 a	0,15 a	0,18 a	0,17 a	0,18 a	0,12 a
Ramsey	0,10 a	0,06 a	0,07 b	0,08 a	0,12 a	0,08 a
Coef. de Variación	91,73	102,98	92,66	85,09	71,96	96,28

Promedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los niveles del portainjerto. Según test DGC y p-value > 0,05.

El Cuadro 2 resume los valores para cada momento de evaluación. Se observa que, independiente del riego utilizado, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas para la variable etileno (mg L⁻¹). Esto quiere decir que, cada portainjerto produjo cantidades similares de etileno en cada fecha de evaluación. Exceptuando el día 16 de enero del 2015, donde el portainjerto “Paulsen 1103” indujo una mayor síntesis de esta fitohormona que “Harmony” y “Ramsey”. Si bien es cierto, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los portainjertos, los promedios con letras iguales se deben a una alta variabilidad de datos provenientes de las repeticiones de cada portainjerto, demostrado por los altos Coeficientes de Variación de cada fecha.

Cuadro 3. Efecto del factor riego en cada fecha de evaluación, para la variable etileno.

Riego*	Etileno					
	2015					
	09-ene	13-ene	16-ene	23-ene	27-ene	30-ene
	----- (mg L ⁻¹) -----					
50%	0,15 a	0,10 a	0,11 a	0,16 a	0,12 a	0,12 a
100%	0,15 a	0,08 a	0,14 a	0,11 a	0,14 a	0,11 a
150%	0,16 a	0,14 a	0,13 a	0,17 a	0,17 a	0,11 a
Coef. de Variación	91,73	102,98	92,66	85,09	71,96	96,28

Promedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los niveles de riego. Según test DGC y p-value > 0,05.

*Porcentaje según la capacidad de maceta.

El Cuadro 3 muestra que independiente del portainjerto utilizado, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas para la variable etileno (mg L⁻¹), en el período de evaluación. Es decir, al aplicar riegos de 50%, 100% y 150% de la “capacidad de maceta” durante un mes y medio, el contenido de etileno fue similar en cada fecha de evaluación.

Distintos factores estarían afectando el comportamiento de los portainjertos, entre ellos el tipo de suelo y el contenido de humedad (Mugnai et al., 2011; Mancuso y Marras, 2006; Striegler et al., 1993). El contenido de agua es uno de los principales factores que afectan la producción y estabilidad de etileno en el suelo (Arshad y Frankenberger, 1990). Las condiciones climáticas pudieron influir en las respuestas de las raíces a los distintos contenidos de agua aplicados. Las altas temperaturas (Anexo I, Figura 4) a las que estuvieron expuestas las plantas durante el ensayo generaron una elevada tasa de evapotranspiración, de manera que la frecuencia de los riegos fue alta, para así poder mantener los valores cercanos al volumen de agua de cada tratamiento, con lo cual la diferencia de volúmenes de agua entre tratamientos se mantuvo por relativamente poco tiempo.

En la Figura 3 se grafica la variabilidad del contenido de etileno generado en los tres portainjertos en cada fecha de evaluación.

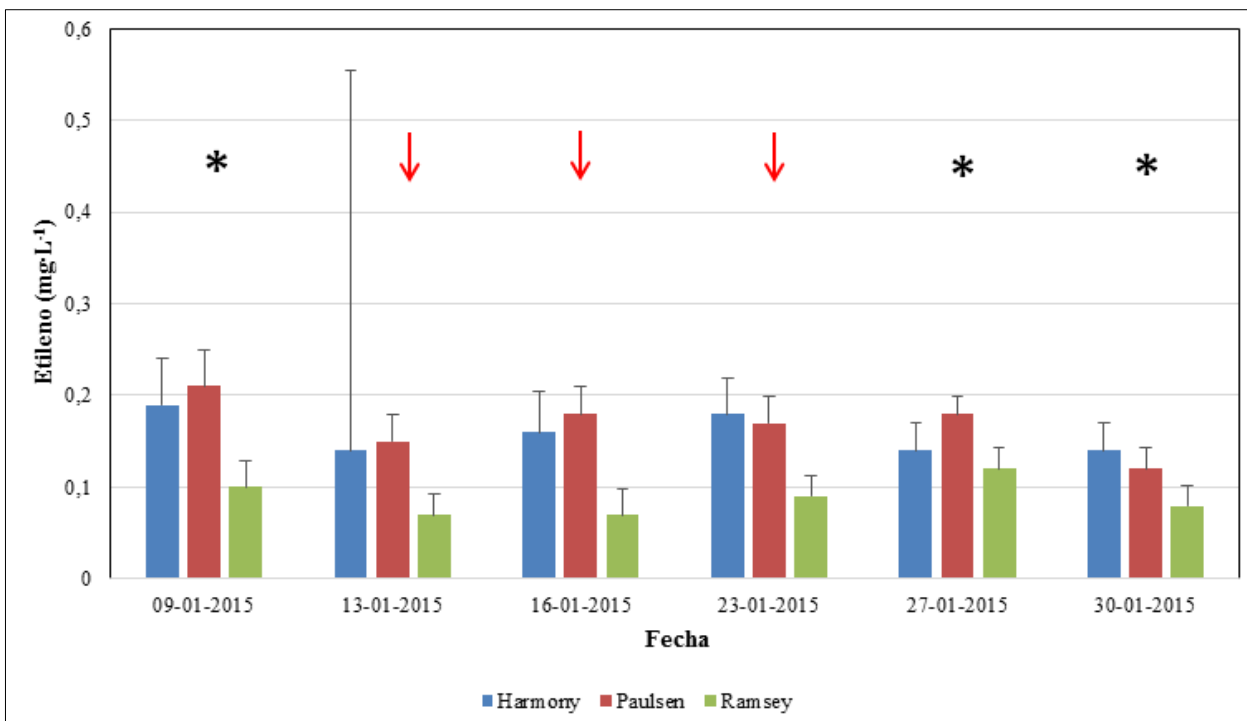


Figura 3. Etileno (mg L^{-1}) emitido por raíces de los portainjertos “Harmony”, “Paulsen 1103” y “Ramsey”. Las flechas rojas indican el muestreo realizado 1 hora después de efectuado el riego y los asteriscos negros indican el muestreo efectuado 24 horas después del riego. Los valores representan un promedio de seis repeticiones.

La acumulación de etileno es controlada por muchos factores, incluyendo las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo, como también factores propios de la especie (Arshad y Frankenberger, 2002). El gráfico anterior denota la marcada variabilidad del contenido de etileno generado por las raíces de los tres portainjertos en cada fecha de evaluación, independiente del criterio de riego aplicado. En general, no hubo un comportamiento similar en cada momento de evaluación. Sin embargo, visualmente existe una tendencia. Tal es el caso del portainjerto “Ramsey”, donde sus raíces emitieron menores contenidos de etileno que “Harmony” y “Paulsen 1103”. Además, el patrón “Paulsen 1103”, tendió a generar mayores contenidos del gas, que los demás portainjertos durante todo el período de evaluación (Figura 3).

Los resultados obtenidos fueron muy variables, no se observó una relación clara entre el etileno generado y el agua suministrada. Debido a esto, es necesario implementar nuevas propuestas de estudio, considerando factores internos y externos que puedan influir en el comportamiento de las raíces de los distintos portainjertos. Se sugiere realizar el ensayo experimental cuando las temperaturas medias no sean tan elevadas, considerar el efecto borde, evitar pérdidas por evapotranspiración directa (cubrir las macetas con plástico) y utilizar distintas texturas de suelo para identificar posibles efectos significativos.

Crecimiento de brotes en el tiempo

Se realizaron mediciones semanales del crecimiento de brotes de cada maceta a lo largo del ensayo. En el Cuadro 4, se presenta la comparación de los nueve tratamientos, en ocho fechas de evaluación, calculados mediante el procedimiento de modelos lineales generales y mixtos.

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos dentro de cada fecha de evaluación, para la variable longitud de brotes.

Tratamiento	Fecha							
	2014			2015				
	17-12	24-12	31-12	07-01	14-01	21-01	28-01	04-02
	----- (cm) -----							
H 50%	50,92 a	51,75 a	55,33 a	55,75 a	56,08 b	56,50 b	56,58 b	56,67 b
H 100%	47,75 a	48,58 a	54,83 a	59,25 a	61,00 b	61,25 b	61,58 b	61,92 b
H 150%	47,42 a	48,17 a	54,00 a	59,75 a	61,67 b	64,67 b	65,33 b	67,67 b
P 50%	51,25 a	52,08 a	56,75 a	57,58 a	58,17 b	58,50 b	58,58 b	58,92 b
P 100%	42,00 a	45,08 a	54,50 a	59,33 a	62,67 b	64,33 b	64,67 b	65,08 b
P 150%	50,67 a	52,42 a	62,25 a	68,17 a	70,42 b	73,58 a	74,83 a	75,75 a
R 50%	36,33 a	39,00 a	45,92 b	46,92 b	47,50 c	47,92 c	48,08 c	48,25 c
R 100%	32,75 a	34,75 a	43,25 b	46,75 b	49,75 c	53,25 b	56,50 b	57,50 b
R 150%	40,83 a	48,67 a	60,83 a	69,17 a	74,00 a	77,83 a	80,42 a	80,75 a

Promedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los tratamientos, según test DGC y $p\text{-value} > 0,05$. Los valores representan un promedio de seis repeticiones. H: "Harmony", P: "Paulsen 1103" y R: "Ramsey" con riegos a 50%, 100% y 150% de la "capacidad de maceta".

Tras analizar estadísticamente los datos (Cuadro 4), se observó que existió interacción entre los tratamientos y el momento de medición. Es decir, el efecto de los tratamientos dependió de la fecha en la cual se evaluaron. Al comienzo del ensayo no se presentaron diferencias estadísticamente significativas, la longitud de brotes de todos los tratamientos fue similar. "Ramsey" es considerado un portainjerto de alto vigor (Cousins, 2005; Walker y Clingeffer, 2009). Sin embargo, a partir de la tercera semana fue muy afectado por la falta de agua, mostrando los menores largos de brotes en los tratamientos a 50% y 100% de la "capacidad de maceta". En varias de las evaluaciones posteriores, el tratamiento a 100% de la "capacidad de maceta" fue similar al de 50% de la "capacidad de maceta" y al inicio del ensayo, respecto al de 150% de la "capacidad de maceta". En el tratamiento a 50% de la "capacidad de maceta", la tasa de crecimiento disminuyó, posiblemente a causa de su escasa tolerancia al déficit hídrico (Pongrácz, 1983). Por el contrario, cuando "Ramsey" fue expuesto a la mayor cantidad de agua (riegos a 150% de la "capacidad de maceta"), mostró la mayor extensión de brotes a partir de la sexta semana, superando a los demás tratamientos hasta el final del ensayo. Situación similar sucedió con "Paulsen 1103", a pesar de las condiciones de maceta en las que se encontraban.

Crecimiento final de brotes

El crecimiento final de brotes, de los distintos portainjertos, se analiza en los cuadros 5 y 6, presentando resultados según el efecto de cada factor. Tras someter los datos a un análisis de varianza, se comprobó que no existió interacción entre los niveles del factor portainjerto y del factor riego, lo que significa que los factores actuaron de manera independiente.

Cuadro 5. Efecto del factor portainjerto para la variable longitud final de brotes.

Portainjerto	Longitud Final de Brotes ----- (cm) -----
Harmony	62,08 a
Paulsen 1103	66,58 a
Ramsey	62,17 a

Promedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los portainjertos. Según test DGC y p-value > 0,05. Coeficiente de Variación 15,40.

Como se observa en el cuadro anterior, independiente del riego utilizado, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos portainjertos, para la variable largo de brotes finales en la temporada.

Cuadro 6. Efecto del factor riego para la variable longitud final de brotes.

Riego*	Longitud Final de Brotes ----- (cm) -----
50%	54,61 b
100%	61,50 b
150%	74,72 a

* Porcentaje según la “capacidad de maceta”.

Promedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los riegos. Según test DGC y p-value > 0,05. Coeficiente de Variación 15,40.

El Cuadro 6, muestra que independiente del portainjerto utilizado, las plantas regadas a 150% de la “capacidad de maceta” presentaron mayor largo final de brotes. Entre los riegos a 50% y 100% de la “capacidad de maceta” no hubo diferencias estadísticamente significativas para la misma variable. Estos resultados indican que la humedad del riego correspondiente al 100% de la “capacidad de maceta” se mantuvo por un breve periodo. Además, se confirma que con riegos a 150% de la “capacidad de maceta”, el suelo permaneció saturado escaso tiempo, debido a que los portainjertos continuaron creciendo. Factores importantes que pueden haber influenciado estas condiciones, se pueden relacionar con la permeabilidad del suelo o las altas temperaturas en este periodo de evaluación (Anexo I, Figura 4).

Crecimiento de raíces

Mediante un análisis de varianza, se comprobó que para las variables masa fresca y masa seca no se encontró interacción entre el factor portainjerto y el factor riego, es decir, los factores actuaron de manera independiente. El crecimiento final del sistema radical de los distintos portainjertos y contenidos de humedad se presenta en los cuadros 7 y 8.

Cuadro 7. Efecto del factor portainjerto sobre la masa fresca y masa seca de las raíces.

Portainjerto	Masa Fresca	Masa Seca	Materia Seca
	----- (g) -----		----- (%) -----
Harmony	55,45 a	32,48 a	59,06 a
Ramsey	51,56 a	28,91 a	56,33 a
Paulsen 1103	49,49 a	27,64 a	55,56 a

Promedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los niveles del portainjerto. Según test DGC y p-value > 0,05. Coeficiente de Variación 31,06.

El Cuadro 7 deja en evidencia que independiente del porcentaje de la “capacidad de maceta” utilizada para el riego, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los portainjertos. Es decir, las raíces de “Harmony”, “Ramsey” y “Paulsen 1103” mostraron un crecimiento similar al final del ensayo.

Cuadro 8. Efecto del factor riego sobre la masa fresca y masa seca de las raíces.

Riego*	Masa Fresca	Masa Seca	Materia Seca
	----- (g) -----		----- (%) -----
150%	54,05 a	29,47 a	54,39 a
100%	51,58 a	29,81 a	57,78 a
50%	50,86 a	29,76 a	58,78 a

*Porcentaje según la “capacidad de maceta”.

Promedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los niveles de riego. Según test DGC y p-value > 0,05. Coeficiente de Variación 31,06.

Del Cuadro 8 se desprende que independiente del portainjerto utilizado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los niveles del porcentaje de la “capacidad de maceta” utilizada para el riego. Por lo tanto, al aplicar riegos a 50%, 100% y 150% de la “capacidad de maceta”, las raíces obtuvieron masas similares.

Si bien no se encontraron diferencias estadísticamente significativas según cada factor, si se observó una tendencia en “Paulsen 1103”, donde, mientras mayor riego se aplicó, las raíces disminuyeron su masa (Apéndice II, Cuadro 9). El exceso de agua trae como consecuencia una disminución en el contenido y difusión de oxígeno, siendo la principal causa limitante en el crecimiento radical (Armstrong y Drew, 2002; Kozłowski, 1997; Vartapetian y Jackson, 1997). Además hay que considerar que “Paulsen 1103” es un híbrido proveniente de cruce entre *V. berlandieri* x *V. rupestris* (Cousins, 2005) y *V. rupestris* se caracteriza por ser sensible a la anoxia radical (Mancuso y Marras, 2006).

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este estudio se observó que:

El contenido de etileno fue similar para cada fecha de evaluación, independiente del portainjerto y del riego suministrado.

El contenido de humedad del suelo afecta directamente el crecimiento final de brotes, independiente del portainjerto utilizado.

Independiente del factor analizado, la masa fresca de las raíces de los distintos portainjertos no presenta diferencias al término del ensayo. Lo mismo se observa con la masa seca.

BIBLIOGRAFÍA

Arismendi, M. 2012. Identificación de genes candidatos asociados a la tolerancia a estrés por hipoxia/anoxia radicular en portainjertos de *Prunus*. Doctor en Ciencias, mención Biología Celular y Molecular Aplicada. Temuco, Chile: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de la Frontera. 139p.

Armstrong, W and M. Drew. 2002. Root growth and metabolism under oxygen deficiency. (cap. 42, pp. 729-761). In: Waisel, Y.; A. Eshel and U. Kafkafi. *Plant roots: The hidden half* (3 ed.). New York, EE.UU. Marcel Dekker Inc. 1120p.

Arshad, M and W. Frankenberger. 1990. Production and stability of ethylene in soil. *Biology and Fertility of Soils*, 10(1): 29–34.

Arshad, M and W. Frankenberger. 2002. Ethylene: Agricultural sources and applications. New York, EE.UU: Springer Science & Business Media. 342p.

Asociación de Viveros de Chile AGV, 2016. Anuario Viveros 2016: Plantas frutales, vides y plantines de hortalizas comercializadas en Chile. Santiago, Chile. 174p.

Bates, T. 2005. Grapevine root biology and rootstock selection in the Eastern U.S. Pp 8-13. In: Cousins, P. and Striegler, R. K. Grapevine rootstocks: Current use, research, and application. Proceedings of the 2005 Rootstock Symposium. Osage Beach, Missouri, EEUU February 5, 2005. Mid-América Viticulture and Enology Center, Southwest Missouri State University. Osage Beach, Missouri, EEUU.

Bavestrello, C.; L. Cavieres; J. Gallardo; A. Ibacache; N. Frank y A. Zurita. 2012, sept-dic. Evaluación de la tolerancia a estrés por sequía en cuatro genotipos naturalizados de vid (*Vitis vinifera*) provenientes del norte de Chile. *IDESIA*, 30(3): 83-92.

Chaves, M.; O. Zarrouk; R. Francisco; J.M. Costa; T. Santos; A.P. Regalado et al. 2010. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of Botany*, 105: 661-676.

Cousins, P. Evolution, genetics, and breeding: viticultural applications of the origins of our rootstock. Pp 1-7. In: Cousins, P. and Striegler, R. K. Grapevine rootstocks: Current use, research, and application. Proceedings of the 2005 Rootstock Symposium. Osage Beach, Missouri, EEUU February 5, 2005. Mid-América Viticulture and Enology Center, Southwest Missouri State University. Osage Beach, Missouri, EEUU.

Dod, I. 2005. Root-to-shoot signalling: Assessing the roles of “up” in the up and down world of long-distance signalling in planta. *Plant and Soil*, 274: 251-270.

Drew, M.C. 1997. Oxygen deficiency and root metabolism: Injury and acclimation under hypoxia and anoxia. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48: 223-250.

Estrada, F. 2012. Influencia del portainjerto sobre la arquitectura del racimo y composición de la fruta y el vino, en *Vitis vinifera* cv. Merlot. Memoria Ingeniero Agrónomo. Talca, Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias. 39p.

Ferreira, R. 2009. Caracterización de las propiedades físicas de suelo en el cultivo de la uva de mesa en la V región de Chile. Memoria Ingeniero Agrónomo. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 45p.

Ferreira, R., G., Selles, M., Pinto, M., Morales and O., Seguel. 2011. Effect of soil air capacity on water relations and vegetative growth of 'Thompson Seedless' grafted on different rootstocks: preliminary results. *Acta Horticulturae*, 889: 145-150.

Jiménez, S.; J. Pinochet; Y. Gogorcena; J.A. Betrán and M.A. Moreno. 2007. Influence of different vigour cherry rootstocks on leaves and shoots mineral composition. *Scientia Horticulturae*, 112: 73-79.

Keller, M. 2015. The science grapevine: Anatomy and physiology. 2a. ed. Washington, EE.UU: Elsevier Inc. 522p.

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

Ma, Q.; G. Zhang; L. Hou; W. Wang and J. Hao. 2015. *Vitis vinifera* VvWRKY13 is an ethylene biosynthesis-related transcription factor. *Plant Cell Reports*, 34: 1593-1603.

Mancuso, S. and Marras, A. M. 2006. Adaptive response of vitis root to anoxia. *Plant and Cell Physiology*, 47(3): 401-409.

Mapfumo, E., Aspinall, D., and Hancock, T. W. 1994. Growth and development of roots of grapevine (*Vitis-vinifera l*) in relation to water-uptake from soil. *Annals of Botany*, 74(1): 75-85.

Morales, M. 2013. Efecto del contenido de aire del suelo sobre el estado hídrico y crecimiento vegetativo de vid (*Vitis vinifera* L.) "Thompson seedless" injertada sobre diferentes portainjertos. Tesis Ingeniera Agrónoma y Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Frutícola. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 76p.

Mugnai, S; A. M. Marras and S. Mancuso. 2011. Effect of hypoxic acclimation on anoxia tolerance in *Vitis* roots: Response of metabolic activity and K⁺ fluxes. *Plant and Cell Physiology*, 52(6): 1107-1116.

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias), Chile y CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales), Chile. 2015. Catastro frutícola. Principales resultados. Región del Libertador General Bernardo O'Higgins/julio 2015. Santiago, Chile: ODEPA, CIREN. 52p.

Parent, C.; N. Capelli; A. Berger; M. Crèvecoeur and J. Dat. 2008. An overview of plant responses to soil waterlogging. *Plant Stress*, 2(1): 20-27.

- Pongrácz, D. P. 1983. Rootstocks for grape-vines. David Philip Publisher, South Africa 150p.
- Sellés, G.; R. Ferreyra; M. Pinto; R. Ruíz (eds.). 2012. Portainjertos en uva de mesa: experiencias en el Valle de Aconcagua (Bol. N°251), Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Cruz. La Cruz, Chile: INIA. 110 p.
- Staley, T. E. 1980. A point source method for sampling soil atmospheres. *Transaction of the ASAE*, 23: 578-580.
- Striegler, R.; G. Howell and J. Flore. 1993. Influence of rootstock on the response of Seyval grapevines to flooding stress. *American Society for Enology and Viticulture*, 44(3): 313-319.
- Vartapetian, B and M. Jackson. 1997. Plant adaptations to anaerobic stress. *Annals of Botany*, 79: 3-20.
- Visser, E.; R. Nabben; C. Blom and L. Voesenek. 1997. Elongation by primary lateral roots and adventitious roots during conditions of hypoxia and high ethylene concentrations. *Plant, Cell and Environment*, 20: 647-653.
- Visser, E. and Voesenek, L. 2004. Acclimation to soil flooding - sensing and signal-transduction. *Plant and Soil*, 254: 197-214.
- Visser, E. and Pierik, R. 2007. Inhibition of root elongation by ethylene in wetland and non-wetland plant species and the impact of longitudinal ventilation. *Plant, Cell and Environment*, 30(1): 31-38.
- Walker, R. and P. Clingeffer. 2009. Rootstock attributes and selection for Australian conditions. *Australian Viticulture*, 13(4): 70-76.
- Williams, L.; D. Grimes and C. Phene. 2010. The effects of applied water at various fractions of measured evapotranspiration on water relations and vegetative growth of Thompson Seedless grapevines. *Irrigation Science*, 28: 221-232.
- Williams, L. 2012. Effects of applied water amounts at various fractions of evapotranspiration (ETc) on leaf gas exchange of Thompson Seedless grapevine. *Australian Journal of Grape and Research*, 18: 100-108.
- Zarrouk, O.; Y. Gogorcena; J. Gómez-Aparisi; J.A. Beltrán and M.A. Moreno. 2005. Influence of almond x peach hybrids rootstocks on flower and leaf mineral concentration, yield and vigour of two peach cultivars. *Scientia Horticulturae*, 106: 502-514.
- Zhang, Q. and H Greenway. 1994. Anoxia tolerance and anaerobic catabolism of aged beetroot storage tissue. *Journal Experimental Botany*, 43: 897-905.

ANEXO I

Temperaturas máximas y mínimas RM

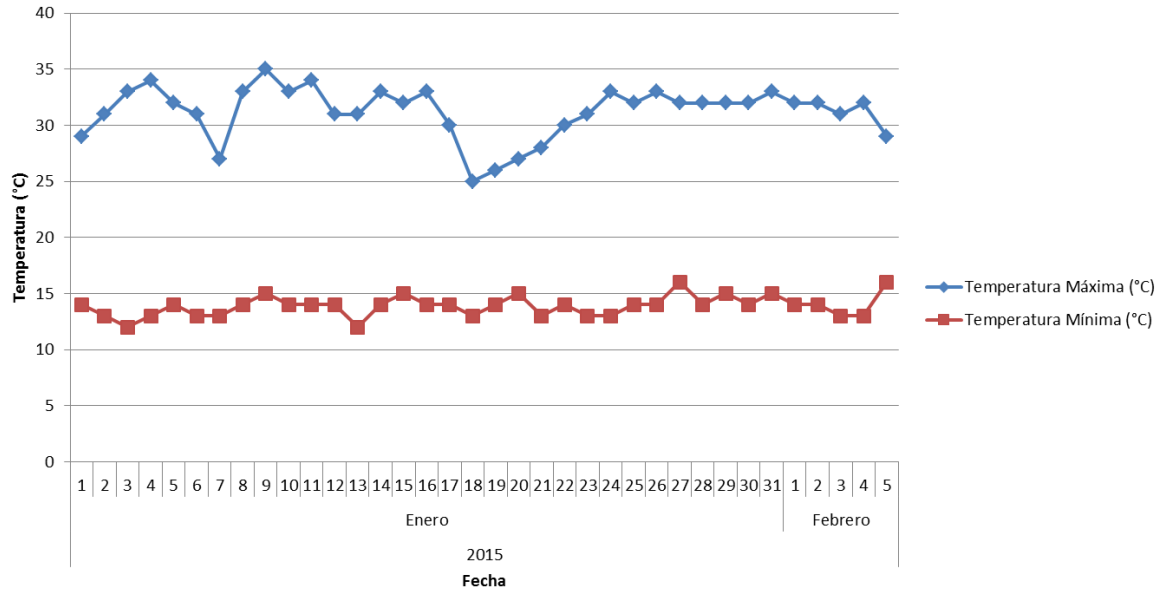


Figura 4. Temperaturas (°C) máximas y mínimas registradas en la Región Metropolitana durante enero y principios de febrero, 2015.

APÉNDICE I

Figuras complementarias



Figura 5. Distribución de las macetas.



Figura 6. Muestras de etileno para el análisis en cromatógrafo de gases.

APÉNDICE II

Masa final de raíces

Cuadro 9. Masa fresca y masa seca de raíces de los distintos portainjertos, dependiendo de la cantidad de agua aplicada en cada riego.

Riego*	Masa Fresca			Masa Seca		
	Harmony	Paulsen 1103	Ramsey	Harmony	Paulsen 1103	Ramsey
	----- (g) -----					
50%	45,40	59,77	47,42	28,32	34,48	26,47
100%	56,86	27,16	51,30	32,40	27,16	29,85
150%	75,00	21,27	55,96	41,98	21,27	30,42

Datos corresponden al promedio de seis repeticiones.

*Porcentaje según la “capacidad de maceta”.