



**“INFLUENCIA DE SEIS PORTAINJERTOS DE VID SOBRE EL COMPORTAMIENTO
VITÍCOLA DE LA CV. MALBEC Y ESTUDIO DE LAS RELACIONES HÍDRICAS
QUE SE ESTABLECEN”**

ING. AGR. MARINA DI FILIPPO

**Tesis presentada para optar al grado de
MAGISTER SCIENTIAE**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
MAESTRÍA EN VITICULTURA Y ENOLOGÍA**

Director de tesis: ING. AGR. MSC. HERNÁN VILA

OCTUBRE 2008

DEDICATORIA

Quisiera dedicar este trabajo a mi familia por la contención y apoyo que supieron darme a pesar de la distancia; y especialmente a los que ya no están, quienes me protegen e iluminan desde arriba.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera extender mi agradecimiento a mi director de tesis Hernán Vila, por su guía y ayuda permanente. A mis compañeros de trabajo del Laboratorio de Viticultura de la EEA INTA Mendoza: Rodolfo Martos, Angel De Biazzi, Federico De Biazzi, Dante Gamboa, Claudia Lucero, Inés Hugalde. A compañeros de la experimental que me brindaron su ayuda: Rosana Vallone, Laura Martínez, Jorge Pérez Peña y Norma Pieralisi. A Claudia Morvillo y Melina Ocampo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. A Susana del Toro de la FCA UNCuyo. Al jurado, José Rodríguez, Yerko Moreno, Carlos Tizio, por sus aportes. A mi madre Noemí Bronzel y mis hermanos María Sol Di Filippo y Hernán Di Filippo.

RESUMEN

El uso de portainjertos en la vid se ha difundido por su resistencia a filoxera y nemátodos, pero también por su tolerancia a condiciones adversas del suelo. Por otro lado, los portainjertos modifican las relaciones fuente-destino, influyendo en el comportamiento vegetativo y reproductivo de las plantas y en la composición de la uva, lo cuál puede ser utilizado como una herramienta de manejo agronómico. A fin de evaluar si existe un comportamiento diferencial de los portainjertos en cuanto a expresión vegetativa, vigor, rendimiento y composición de la uva, y explicar dichas diferencias en términos de exploración radical, relaciones hídricas, asimilación de carbono, eficiencia en el uso del agua y partición de asimilados se realizó un ensayo a campo de cv. Malbec sobre seis portainjertos (3309 C, 1103 P, 140 Ru, SO4, Harmony y Cereza) y a pie franco. Los portainjertos 140 Ru, 1103 P y SO4 tuvieron una mayor tendencia a la producción de uva (mayor Índice de Ravaz), y Franco, Cereza y 3309 C a vegetar, mostrando Harmony una situación intermedia. Las bayas sobre el pie Cereza tuvieron un mayor peso (1,96 g) que sobre Harmony (1,75 g). No se encontraron diferencias en los polifenoles de las bayas entre portainjertos. La fotosíntesis de la planta entera (A_{max}) de Franco, 1103 P y SO4 fue mayor que la de Harmony. La conductancia hidráulica foliar específica (k_L) de Harmony fue menor que la de Cereza, y su conductancia hidráulica (k_H) fue menor que la de Franco, Cereza y SO4. El número de raíces totales de 140 Ru fue mayor que el de 1103 P, SO4 y Harmony. El portainjerto 140 Ru se destacó por privilegiar el desarrollo radical y reproductivo sobre el vegetativo, y por su mayor eficiencia en el uso del agua (EUA). Las diferencias entre portainjertos pueden ser explicadas en parte por diferencias en la k_L que a su vez incide en el estado hídrico de las plantas (Ψ_L). De manera que cuando la k_L es más baja, el Ψ_L es menor (*i.e.*, Harmony), y cuando la k_L es más alta, el Ψ_L es mayor (*i.e.*, Franco y Cereza). Mayores Ψ_L se asocian con mayores superficies foliares.

Palabras claves: *Vitis*, portainjertos, conductancia hidráulica, eficiencia en el uso del agua, intercambio gaseoso, raíces.

ABSTRACT

The use of rootstocks in grapevine has been diffused not only for its resistance against phylloxera and nematodes, but also for its tolerance to overcome site difficulties. On the other hand, rootstocks modify the relation between source and sink, having influence on the vegetative and reproductive behaviour of the plants and the grapes quality. Therefore they can be used as an agronomic tool. A trial was performed on field growth plants of cv. Malbec on six rootstocks (3309 C, 1103 P, 140 Ru, SO4, Harmony and Cereza) and on own roots (Franco) in order to evaluate if there is a differential behaviour of the rootstocks with regard to vegetative expression, vigour, yield and grape quality and to explain such differences in terms of roots exploration, water relations, CO₂ assimilation, water use efficiency and carbohydrates partitions. The rootstocks 140 Ru, 1103 P and SO4 had a higher tendency to the grape production (higher index of Ravaz), meanwhile Franco, Cereza and 3309 C seemed to vegetate more, and Harmony showed a middle condition. The berries of Cereza had a higher weight (1.96 g) than the one of Harmony (1.75 g). No differences in the polyphenolics of the berries among the rootstocks have been found. The whole plant photosynthesis (A_{max}) of Franco, 1103 P and SO4 was higher than the A_{max} of Harmony. Leaf specific hydraulic conductance (k_L) of Harmony was lower than the k_L of Cereza and its hydraulic conductance (k_H) was lower than the k_H of Franco, Cereza and SO4. Total roots number of 140 Ru was higher than those of 1103 P, SO4 and Harmony. The rootstock 140 Ru showed off for its favorable carbohydrates partitions and its higher water use efficiency (EUA). The differences between rootstocks could be explained partly to differences in the k_L that affected the water status of the plants (Ψ_L). So that when the k_L is lower, the Ψ_L is lower (e.g., Harmony) and when the k_L is higher, the Ψ_L is greater (e.g., Franco and Cereza). Higher Ψ_L are associated with greater leaf areas.

KEY WORDS: *Vitis*, rootstocks, hydraulic conductance, water use efficiency, gas exchange, roots.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 SISTEMÁTICA DEL GÉNERO VITIS	4
1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES AMERICANAS UTILIZADAS PARA LA OBTENCIÓN DE PORTAINJERTOS	6
1.2.1 <i>Vitis riparia</i>	6
1.2.2 <i>Vitis rupestris</i>	6
1.2.3 <i>Vitis berlandieri</i>	7
1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PORTAINJERTOS ESTUDIADOS	7
1.3.1 SO4	7
1.3.2 3309 Couderc	8
1.3.3 140 Ruggeri	8
1.3.4 1103 Paulsen	9
1.3.5 Harmony	9
1.4 RESISTENCIA A FACTORES BIÓTICOS DE LOS PORTAINJERTOS	11
1.4.1 Filoxera	11
1.4.2 Nemátodos	12
1.5 INFLUENCIA DE LOS PORTAINJERTOS EN EL COMPORTAMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DE LAS PLANTAS	13
1.5.1 Expresión vegetativa y vigor	13
1.5.2 Relación entre parte aérea y radical	15
1.5.3 Rendimiento y composición de uva y vino	16
1.6 FACTORES QUE PUEDEN EXPLICAR LAS DIFERENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PLANTAS	17
1.6.1 Afinidad entre el portainjerto y la variedad injertada	17
1.6.2 Intercambio gaseoso	18
1.6.3 Distribución y densidad radical	19
1.6.4 Relaciones hídricas	20
1.6.5 Absorción de nutrientes	22
1.6.6 Síntesis y traslocación de hormonas	24
1.7 FORMULACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN	25
1.8 OBJETIVOS	25
1.9 HIPÓTESIS DE TRABAJO	25
2. MATERIALES Y MÉTODOS	26
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL VIÑEDO DONDE SE INSTALÓ EL ENSAYO	26
2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	29
2.3 TRATAMIENTOS	29
2.4 VARIABLES MEDIDAS	31
2.4.1 Evaluación de la expresión vegetativa, el vigor y la fenología de las plantas	31
2.4.2 Rendimiento y sus componentes	32
2.4.3 Equilibrio vegetativo y reproductivo	32
2.4.4 Composición de la uva	32
2.4.5 Aspectos fisiológicos y morfológicos de las plantas	33
2.5 ANÁLISIS DE LOS DATOS	36

3. RESULTADOS	38
3.1 ASPECTOS VEGETATIVOS Y REPRODUCTIVOS DE LAS PLANTAS.....	38
3.1.1 Expresión vegetativa, vigor y rendimiento de uva	38
3.1.2 Componentes del rendimiento y composición de la uva	42
3.1.3 Relación entre parte aérea y radical	44
3.2 ASPECTOS FISIOLÓGICOS Y MORFOLÓGICOS DE LAS PLANTAS	45
3.2.1 Intercambio gaseoso	45
3.2.2 Relaciones hídricas	46
3.2.3 Distribución y densidad de raíces	50
3.2.4 Absorción de nutrientes.....	55
3.2.4 Absorción de nutrientes.....	56
4. DISCUSIÓN	57
5. CONCLUSIONES	63
6. BIBLIOGRAFÍA	64

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: SISTEMÁTICA DEL GÉNERO <i>VITIS</i>	5
TABLA 2: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO DEL ENSAYO DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. ENTRE PARÉNTESIS SE INDICAN LOS NIVELES DE FERTILIDAD DE N, P, K.	27
TABLA 3: VARIABLES VEGETATIVAS, REPRODUCTIVAS Y DE EQUILIBRIO DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. VALORES PROMEDIO. N = 6. TEMPORADA 2006-2007.....	38
TABLA 4: COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y DIÁMETRO PROMEDIO DE LAS BAYAS DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. VALORES PROMEDIO. N = 6. TEMPORADA 2006-2007.....	43
TABLA 5: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UVAS MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. VALORES PROMEDIO. N = 6. TEMPORADA 2006-2007.....	43
TABLA 6: FOTOSÍNTESIS NETA MÁXIMA (A_{MAX}) Y TRANSPIRACIÓN (E) POR UNIDAD DE SUPERFICIE Y DE LA PLANTA ENTERA DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. ZONA DE BAJO VIGOR. VALORES PROMEDIO. N = 13. TEMPORADA 2007-2008.....	45
TABLA 7: CONDUCTANCIA HIDRÁULICA FOLIAR ESPECÍFICA (K_L) Y CONDUCTANCIA HIDRÁULICA DE LA PLANTA ENTERA (K_H) DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. VALORES PROMEDIO. N = 2. TEMPORADA 2007-2008.....	50
TABLA 8: ANÁLISIS PECIOLAR DE ENVERO. VALORES PROMEDIO DE MACRONUTRIMENTOS DE DOS ZONAS CONTRASTANTES DE EXPRESIÓN VEGETATIVA DEL ENSAYO DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. TEMPORADA 2006-2007.	56
TABLA 9: ANÁLISIS PECIOLAR DE ENVERO. VALORES PROMEDIO DE MICRONUTRIMENTOS DE DOS ZONAS CONTRASTANTES DE EXPRESIÓN VEGETATIVA DEL ENSAYO DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. TEMPORADA 2006-2007.	56

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ORIGEN GENÉTICO DE LOS PORTAINJERTOS ESTUDIADOS	10
FIGURA 2: RELACIÓN TEÓRICA ENTRE EL POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR (Ψ_L) Y LA TRANSPIRACIÓN (E)	21
FIGURA 3: MAPA DEL PESO DE PODA 2006 DEL ENSAYO DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO, RESTANDO EL EFECTO GENOTIPO.	28
FIGURA 4: PLANO DEL ENSAYO DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS Y A PIE FRANCO.	30
FIGURA 5: ESQUEMA DE LAS CALICATAS REALIZADAS EN EL ENSAYO DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO.	35
FIGURA 6: REPARTICIÓN DE BIOMASA DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. LAS BARRAS INDICAN LOS ERRORES ESTÁNDARES. N = 6. TEMPORADA 2006-2007.....	39
FIGURA 7: ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES PARA LAS VARIABLES VEGETATIVAS Y REPRODUCTIVAS DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. LAS FLECHAS INDICAN LOS PRINCIPALES GRADIENTES. LAS BARRAS INDICAN LOS ERRORES ESTÁNDARES. N = 6. TEMPORADA 2006-2007.....	40
FIGURA 8: VARIACIÓN PORCENTUAL DE LAS VARIABLES VEGETATIVAS Y REPRODUCTIVAS DE CADA PORTAINJERTO COMPRADO CON PIE FRANCO. N = 6. TEMPORADA 2006- 2007.	41
FIGURA 9: CURVA DE CRECIMIENTO DE BROTES DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO ($Y = \partial * \text{EXP}(-B * \text{EXP}(-\phi * \text{DÍA}))$). ∂ EXPRESA EL VALOR MÁXIMO DE Y; B EXPRESA LA PENDIENTE. SE INDICAN LOS VALORES DE LOS PARÁMETROS. LETRAS DISTINTAS INDICAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN EL TEST DE TUKEY PARA $P < 0,05$. N = 6. TEMPORADA 2006-2007.....	42

FIGURA 10: RELACIÓN ENTRE RENDIMIENTO Y NÚMERO DE RAÍCES TOTALES DE MALBEC SOBRE CINCO PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. SIN 140 RU. N = 2. TEMPORADA 2006-2007.....	44
FIGURA 11: EVOLUCIÓN DEL POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR DE MEDIODÍA (Ψ_{LMD}) DURANTE EL CICLO VEGETATIVO DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. VALORES PROMEDIOS. LAS BARRAS INDICAN LOS ERRORES ESTÁNDARES. N = 6. TEMPORADA 2006-2007.....	46
FIGURA 12: EVOLUCIÓN DIARIA DEL POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR (Ψ_L) DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. VALORES PROMEDIOS. LAS BARRAS INDICAN LOS ERRORES ESTÁNDARES. N = 6. DÍA 22/01/07.....	47
FIGURA 13: EVOLUCIÓN DIARIA DEL POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR (Ψ_L) DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. ZONA DE BAJO VIGOR, HILERA 7, DÍA 14/12/07.....	48
FIGURA 14: EVOLUCIÓN DIARIA DEL POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR (Ψ_L) DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. ZONA DE BAJO VIGOR, HILERA 6, DÍA 20/12/07.....	48
FIGURA 15: EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA PARA EL RENDIMIENTO DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. ZONA DE BAJO VIGOR. VALORES PROMEDIOS. EL VALOR ENTRE PARÉNTESIS REPRESENTA EL COCIENTE ENTRE LAS VARIABLES. LAS BARRAS INDICAN LOS ERRORES ESTÁNDARES. N = 13. TEMPORADA 2007-2008.....	49
FIGURA 16: NÚMERO DE RAÍCES TOTALES DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO. VALORES PROMEDIOS E INTERVALOS DE CONFIANZA CON UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 95%. LETRAS DISTINTAS INDICAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN EL TEST DE LSD PARA $P < 0,05$. N = 2. TEMPORADA 2007-2008.....	51
FIGURA 17: DENSIDAD (Nº DE RAÍCES TOTALES POR M ²) Y DISTRIBUCIÓN RADICAL DE MALBEC SOBRE SEIS PORTAINJERTOS DE VID Y A PIE FRANCO.....	55

1. INTRODUCCIÓN

A mediados del siglo XIX fue introducido a Europa, desde América del Norte, el áfido filoxera (*Dactylospheera vitifolii* Schimer), causando la destrucción de gran parte de las plantaciones de *Vitis vinifera* L., en menos de tres decenios (Ferraro Olmos, c1982). La filoxera atacaba las raíces de las plantas viníferas llegando a causar su muerte, mientras que las vides americanas no sufrían daños aparentes en sus raíces (Martínez Valero *et. al.*, 2001). Ante el escenario causado por la plaga fue necesario encontrar la forma de combatirla. En primer término se intentó la implantación de viñedos de especies americanas resistentes al parásito (*e.g.* *Vitis rupestris*, *Vitis riparia*, *Vitis Labrusca*, e híbridos productores directos), pero al no presentar sus uvas cualidades enológicas aceptables, se optó por usar las vides americanas como portainjertos de *Vitis vinifera* (Ferraro Olmos, c1982). Para ello, se realizaron selecciones de material vegetal procedente de especies de vitis de América del Norte, como *Vitis riparia*, *Vitis rupestris* y *Vitis berlandieri* (Martínez Valero *et.al.*, 2001). Debido a que las especies puras presentaron problemas de adaptación o de compatibilidad, con el tiempo se optó por usar como portainjertos híbridos interespecíficos de vides americanas. Actualmente el cultivo de *Vitis vinifera* en Europa y América del Norte solo es posible gracias al uso de portainjertos resistentes a la filoxera (Hidalgo, 1993).

Si bien en la vid, el uso de portainjertos fue motivado en una primera instancia por el control de filoxera; luego, el descubrimiento de la resistencia a nemátodos y la tolerancia a condiciones adversas del suelo (*i.e.*: sequía, humedad, compactación, salinidad, suelos ácidos, alcalinos; Hardie y Cirami, 2000) por parte de algunos de los portainjertos, aumentó el interés para su uso. Estudios posteriores demostraron que cada combinación injerto-portainjerto modifica las relaciones fuente-destino, influyendo en la expresión vegetativa y en el vigor de la planta, y en el equilibrio entre producción y composición de la uva (Pouget, 1987; Sampaio y Vasconcelos, 2005), lo cuál puede ser utilizado como una herramienta de manejo agronómico.

Existen antecedentes sobre la introducción de filoxera en Argentina a principios del siglo XX. En 1941 ya fueron observadas en la provincia de Mendoza 951 ha con focos filoxéricos (Vega, 1979), sin embargo, la plaga en Argentina nunca causó daños económicos. Una prueba de esto es que el 95% de la superficie implantada con viñedos se encuentra cultivada a pie franco (INV, 2007). Algunos autores piensan que debido a que los viñedos en Argentina son irrigados gravitacional-

mente no existen condiciones favorables para el desarrollo de la plaga (Boubals, 1991), pero esta opinión no tiene evidencia científica. Otra posible explicación podría ser la existencia de biotipos no insidiosos, ya que se han citado tipos genéticos con distinta peligrosidad (Granett *et al.*, 1987). En este contexto, Argentina no está exenta de un ingreso de biotipos de filoxera peligrosos. Por otro lado, aún podría ser útil usar portainjertos aprovechando su resistencia a nemátodos, su adaptación a condiciones adversas del suelo o como herramienta para regular el vigor, o para optimizar el rendimiento y la composición de la uva.

De toda la gama de portainjertos que existen en el mundo, en Argentina sólo se utiliza una cantidad limitada, siendo los más utilizados: Harmony, Freedom, Salt Creek, SO4, 1103 P, 140 Ru, 3309 C, 110 R, 101-14 Mgt. Estos se difundieron debido a la importación de plantas de vid injertadas desde Europa a partir de la década de 1990, proviniendo los tres primeros de Estados Unidos (Vila 2007, comunicación personal).

En Argentina, no se han realizado suficientes investigaciones para saber si los portainjertos que se usan, son los que más se adaptan a las condiciones locales. Los primeros estudios se realizaron en la provincia de Mendoza, donde se midió el rendimiento por planta para distintas combinaciones injerto-portainjerto desde el año 1946 al 1955, en diez zonas vitícolas distintas (Zuluaga *et al.*, 1959), pero la mayoría de los portainjertos que se probaron no son los que se utilizan en la actualidad. A pesar de no contar con un análisis estadístico, los autores advirtieron en ese entonces que existían interacciones entre el ambiente y el portainjerto, y entre el portainjerto y la variedad injertada. También se realizó una evaluación de portainjertos (SO4, 110 R y 1103 P) y clones de la cv. Cabernet Sauvignon, en Luján de cuyo, Mendoza, resultando SO4 el portainjerto más productivo y 1103 P el de mayor vigor (Rodríguez *et al.*, 1998). Por otro lado, en San Rafael, Mendoza, se cuenta con un ensayo realizado en la cultivar (cv.) Cabernet Sauvignon sobre suelos franco arenosos libres de nemátodos, donde los portainjertos más vigorosos fueron Salt-Creek, SO4, y pie franco, siendo los menor vigorosos 1613 C, Freedom y Harmony (Andreoni, 2005).

Teniendo en cuenta el comportamiento diferencial que podrían mostrar distintos portainjertos, injertados bajo una misma variedad, en un determinado sitio, se llevó a cabo un ensayo de cv. Malbec sobre seis portainjertos y a pie franco para identificar diferencias en el comportamiento fisiológico (*i.e.*, específicamente intercambio gaseoso y relaciones hídricas) y morfológico (densidad y distribución de

raíces), que pudieran explicar las diferencias en la expresión vegetativa, vigor, rendimiento y composición de la uva.

El estudio se condicionó a la cv. Malbec (*Vitis vinifera* L), por ocupar la mayor superficie cultivada en Argentina entre las variedades tintas (22.462 ha; INV 2005) y los portainjertos híbridos de especies americanas 3309 C, 1103 P, 140 Ru, SO4 y Harmony, los cuales fueron elegidos por su gran difusión en Mendoza en el momento de la implantación del ensayo. También se utilizó la cv. Cereza de *Vitis vinifera* como portainjerto, debido al interés que presenta al ser considerado por los viveristas en Argentina como tolerante a nemátodos y salinidad. Actualmente los viveros la están difundiendo como portainjerto y es interesante probar su comportamiento frente a los híbridos americanos. Dentro del ensayo se encuentra Malbec a pie franco, como tratamiento testigo. Considerando que la mayor parte de los viñedos están implantados sobre pie franco es importante comparar estos genotipos con él.

La bibliografía sobre portainjertos se refiere en su mayoría a zonas de secano y con problemas de filoxera, por lo que es interesante evaluar si las respuestas fisiológicas conocidas se repiten en Mendoza, con una viticultura de regadío y donde la filoxera no representa un problema.

Luego de brindar un marco teórico sobre el origen genético de los portainjertos y su resistencia a factores bióticos, se presentará la influencia de los portainjertos en el comportamiento vegetativo y reproductivo de las plantas, *i.e.*, expresión vegetativa y vigor; relación entre parte aérea y radical; rendimiento y composición de la uva y el vino. A continuación, se expondrán los factores que pueden explicar las diferencias en el comportamiento de las plantas como afinidad entre el portainjerto y la variedad injertada; intercambio gaseoso; distribución y densidad radical; relaciones hídricas; absorción y traslocación de nutrientes; y síntesis y traslocación de hormonas.

1.1 Sistemática del género vitis

La vid pertenece al orden Rhamnales, familia Vitaceae, la cuál se divide en el género Muscadinia y el género Vitis. En el género Vitis las especies se dividen por su origen, en americanas, euroasiáticas y asiáticas, a su vez, éstas se dividen según sus aptitudes climáticas y su distribución geográfica (Tabla 1).

Tabla 1: Sistemática del género *Vitis*.Table 1: Systematic of the Genus *Vitis*.

Género VITIS	Especies americanas adaptadas a climas templados	1ª Serie: ORIENTAL	<i>V. labrusca</i> , <i>V. aestivalis</i> , <i>V. lin- cecumii</i> , <i>V. bicolor</i>		
		2ª Serie: CENTRAL	<i>V. riparia</i> , <i>V. berlandieri</i> , <i>V. ru- pestris</i> , <i>V. cordifolia</i> , <i>V. montico- la</i> , <i>V. longii</i> , <i>V. champini</i> , <i>V. ru- bra</i> , <i>V. cinerea</i> , <i>V. candicans</i>		
		3ª Serie: OCCIDENTAL	<i>V. californica</i> , <i>V. arizonica</i> , <i>V. girdiana</i>		
	Especies americanas adaptadas a climas cálidos	1ª Serie: FLORIDA	<i>V. coriacea</i> , <i>V. gigas</i> , <i>V. simpso- nii</i> , <i>V. smalliana</i>		
		2ª Serie: TROPICAL	<i>V. burgoeana</i> , <i>V. caribaea</i>		
	Especie euroasiática de climas templados	<i>Vitis vinifera</i>	sativa	<i>silvestris</i>	
				Proles cáspica	antasiática
				<i>orientalis</i>	
				Proles pónica	
	Proles occidentalis				
Especies asiáticas orientales	Resistentes al frío invernal	<i>V. amurensis</i> , <i>V. coignetiae</i> , <i>V. thumbergii</i>			
		Espinosas	<i>V. armata</i> , <i>V. davidi- i</i> , <i>V. romaneti</i>		
		Tropicales	<i>V. lanata</i>		
Especies asiáticas orientales	Sensibles al frío invernal	Otras	<i>V. flexuosa</i> , <i>V. pia- zeskii</i> , <i>V. reticulata</i>		

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Martínez de Toda, (1991); Fregoni, (1999); Keller, (2007).

1.2 Características de las principales especies americanas utilizadas para la obtención de portainjertos

Dos especies pertenecientes al género *Muscadinia* (*V. rotundifolia* y *V. munsoniana*) están muy emparentadas con el género *Vitis* y son altamente resistentes a filoxera. Desafortunadamente, diferencias biológicas entre estos géneros dificultan la hibridación e injertación (*i.e.*, poseen distinto número de cromosomas; Hardie y Cirami, 2000). Debido a esto se recurrió a la obtención de portainjertos a partir de especies americanas del género *Vitis*. Dentro de las especies americanas, la Serie Central, constituye la más importante para la obtención de portainjertos (Martínez de Toda, 1991), ya que las especies que la integran reúnen las mejores condiciones para un portainjerto. Además se caracterizan por su resistencia al frío y a enfermedades criptogámicas (Martínez de Toda, 1991). Dentro de ellas las más utilizadas han sido *Vitis riparia*, *Vitis rupestris* y *Vitis berlandieri*.

1.2.1 *Vitis riparia*

Esta especie fue la primera y la más utilizada en Francia para la reconstrucción de los viñedos perdidos por el ataque de filoxera. Existen muchas variedades de *Vitis riparia*, siendo *Riparia Gloire de Montpellier* (RGM) la más difundida. Se caracteriza por su sistema radical abundante y ramificado, de raíces finas, poco vigorosas, con tendencia a desarrollarse superficialmente (Ferraro Olmos, c1982).

Los portainjertos descendientes de *Vitis riparia* heredaron su resistencia a filoxera y a enfermedades criptogámicas, su precocidad y fertilidad, su gran enraizamiento y una buena producción de madera (Galet, 1956). Frecuentemente se encuentran diferencias entre el diámetro del portainjerto y el de la variedad injertada (Galet, 1956; Martínez de Toda, 1991).

1.2.2 *Vitis rupestris*

Existen muchas variedades de *Vitis rupestris*, siendo *Rupestris du Lot* (R Lot) la más difundida por su alta resistencia a filoxera, y a sequía, y por su gran vigor y rusticidad (Ferraro Olmos, c1982). Posee raíces con ángulo geotrópico muy pequeño, duras y fibrosas con gran poder de penetración (Martínez de Toda, 1991). Indu-

ce vigor y corrimiento en variedades con tendencia a este problema fisiológico. Alarga el ciclo de la vid y a veces ésta no madura bien (Martínez de Toda, 1991).

1.2.3 *Vitis berlandieri*

Posee raíces de ángulo geotrópico pequeño, las más gruesas de todas las americanas, con gran poder de penetración (Martínez de Toda, 1991). Es la especie más tardía de las tres descritas (Galet, 1956).

En los primeros años los injertos se desarrollan con lentitud pero con el tiempo adquieren un buen vigor, aunque algo inferior a los injertos de *Vitis Riparia* y *Vitis Rupestris*. Produce un adelanto en la maduración de las uvas (Ferraro Olmos, c1982).

1.3 Características de los portainjertos estudiados

Existen numerosos antecedentes sobre las características de vigor y productividad que confieren estos portainjertos. Muchas de estas evidencias que se presentan a continuación son contradictorias, por lo que podría deberse a las distintas condiciones de suelo, clima y combinación injerto-portainjerto en las que se realizaron los estudios. Esto indicaría la necesidad de validar localmente este tipo de conocimiento. En la figura 1 se puede observar el origen genético de los portainjertos estudiados.

1.3.1 SO4 (*Vitis berlandieri* x *Vitis riparia*) (Selección Oppenheim de Teleki N°4)

Las características de vigor que confiere este portainjerto difieren según los diferentes autores, algunos lo clasifican como de vigor medio (Hidalgo, 1993) otros como de vigor alto (Sotes Ruiz *et. al.*, c1990) y débil (Galet, 1973). Galet, (1956) señala que favorece la fructificación y adelanta la madurez de la uva. Se caracteriza por ser sensible a la carencia de magnesio, por tener resistencia a nematodos endoparásitos y nula resistencia a salinidad (Sotes Ruiz *et. al.*, c1990).

En un ensayo a campo de cv. Italia sobre ocho portainjertos (R Lot, 140 Ru, 101-14, 110 R, 41 B, 99 R, SO4, 1103 P), plantas injertadas sobre SO4 obtuvieron el menor rendimiento, con el menor número de bayas por racimo, junto con R Lot, promediando dos años de mediciones (Ezzahouani y Larry, 1997). Esto se acom-

pañó con un mayor peso de las bayas. En el año seco, SO4 mantuvo el potencial hídrico foliar de mediodía (Ψ_{LMD}) menos negativo. En otro ensayo de cv. Chardonnay y Tempranillo plantas injertadas sobre SO4 presentaron el mayor vigor, equiparable a 110 R y 140 Ru (Colldecarrera *et al.*, 1997).

1.3.2 3309 Couderc (*Vitis riparia x Vitis rupestris*) (Riparia tormentosa x Rupestris martin)

Ha sido clasificado como de vigor limitado a medio (Galet, 1973; Ferraro Olmos, c1982; Hidalgo, 1993; Hardie y Cirami, 2000). Presenta gran adaptación a terrenos medianamente calcáreos y es muy sensible a sequía (Galet, 1956). Posee un enraizamiento vigoroso, y es sensible a nemátodos endoparásitos (Sotes Ruiz *et al.*, c1990). Ha sido usado en Australia para incrementar el vigor y la productividad del viñedo en suelos poco fértiles (Hardie y Cirami, 2000).

En un ensayo a campo de cv. Fernão Pires sobre tres portainjertos, 3309 C obtuvo mayor rendimiento y mayor peso de poda que 101-14 Mgt, junto a 164-49 C (Andrade *et al.*, 2005).

1.3.3 140 Ruggeri (*Vitis berlandieri x Vitis rupestris*) (Berlandieri Resseguier nº 2 x R Lot)

Confiere gran vigor (Galet, 1973; Pouget, 1987; Sotes Ruiz *et al.*, c1990; Hidalgo, 1993; Hardie y Cirami, 2000), un ciclo muy largo de crecimiento con una maduración tardía (Pouget, 1987; Sotes Ruiz *et al.*, c1990). No es conveniente usarlo en suelos muy fértiles o con variedades que presentan tendencia al corrimiento (Sotes Ruiz *et al.*, c1990).

En un ensayo de cv. Periquita en secano sobre seis portainjertos (99 R, 110 R, 140 Ru, 1103 P, SO4, 41 B), 140 Ru resultó más equilibrado en términos de producción, peso de poda y contenido de azúcar en la baya (Clímaco *et al.*, 1998). Se adaptó mejor a situaciones de carencia hídrica al mantener el potencial hídrico foliar (Ψ_L), la conductancia estomática (g_s) y la fotosíntesis (A) más elevados. El peso de poda de 140 Ru fue significativamente superior que el de 110 R, SO4 y 41 B. En otro ensayo de tres variedades injertadas sobre seis portainjertos, se remarca nuevamente el interesante equilibrio de 140 Ru, independientemente de la variedad injertada (Clímaco *et al.*, 1999). Otro ensayo a campo lo caracteriza como poco vigoroso y con alta resistencia a sequía (Novello y de Palma, 1997). En el mismo se evaluó las cv. Negroamaro y Verdeca sobre 140 Ru, 420 A y Kober 5 BB bajo dos condiciones hídricas distintas, 140 Ru presentó la mayor A y el Ψ_L y potencial de tallo menos negativos. Cuando las plantas estaban bien irrigadas, no se encontra-

ron diferencia en la A, pero cuando disminuyó el contenido de agua del suelo, 140 Ru mantuvo el mismo nivel de fotosíntesis que las bien irrigadas.

En el ensayo de cv. Chardonnay y Tempranillo, plantas injertadas sobre 140 Ru presentaron el mayor vigor y el mayor rendimiento junto con 110R (Coldecarerra *et al.*, 1997).

En el ensayo anteriormente citado de cv. Italia sobre ocho portainjertos, plantas injertadas sobre 140 Ru obtuvieron el mayor rendimiento (junto con 99 R) y el menor peso de poda (junto con 1103 P; Ezzahouani y Larry, 1997).

En un ensayo a campo de cv. Syrah sobre doce portainjertos durante ocho años, 140 Ru, 1103 P y R Lot obtuvieron el mayor peso de poda y sus rendimientos fueron medios (Agut *et al.*, 2005).

1.3.4 1103 Paulsen (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) (Berlandieri Resseguier nº 2 x R Lot)

Ha sido clasificado como muy vigoroso (Galet, 1973; Sotes Ruiz *et al.*, c1990; Hidalgo, 1993) a medio (Hardie y Cirami, 2000). En un ensayo a campo de cv. Ruby Seedless en condiciones de secano, plantas injertadas sobre 1103 P mantuvieron menos negativo el Ψ_L diurno y de la temporada, mostrando una alta tolerancia a sequía (Ezzahouani y Williams, 1995).

En el ensayo de cv. Italia, plantas injertadas sobre 1103 P tuvieron el menor peso de poda, junto con 140 Ru clasificándolos como los portainjertos menos vigorosos bajo las condiciones del ensayo (Ezzahouani y Larry, 1997). En cambio, en un ensayo de tres variedades injertadas sobre seis portainjertos, 1103 P y 140 Ru presentaron el mayor peso de poda (Clímaco *et al.*, 1999).

En un ensayo de cv. Sangiovese sobre tres portainjertos, plantas injertadas sobre 1103 P tuvieron la mayor fotosíntesis, la mayor velocidad de crecimiento de los brotes, el mayor peso de los racimos y el Ψ_{LMD} menos negativo, comparado con 101-14 y 420 A (Mattii *et al.*, 2005).

1.3.5 Harmony (1613 C x Dog Ridge)

No existen muchos antecedentes publicados sobre este portainjerto. Se sabe que Harmony fue creado para combinar la alta resistencia a nemátodos de Dog Ridge y el vigor moderado de 1613 C (Hardie y Cirami, 2000). Confiere de moderado a alto vigor, alta resistencia a nemátodos ectoparásitos y baja resistencia a filoxera (Hardie y Cirami, 2000).

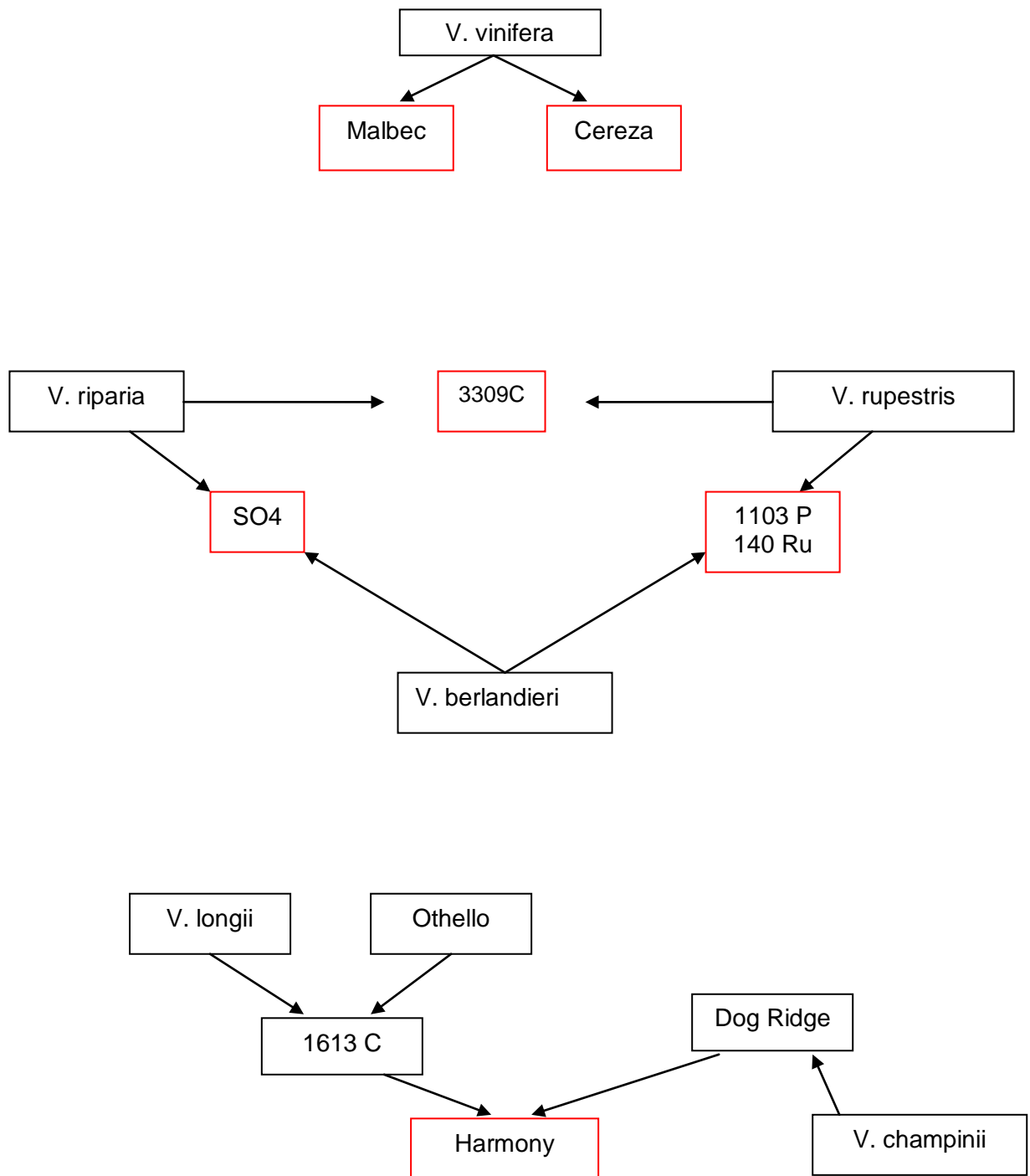


Figura 1: Origen genético de los portainjertos estudiados.

Figure 1: Genetic origin of the studied rootstocks.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Reynier, (1991).

1.4 Resistencia a factores bióticos de los portainjertos

La resistencia de los portainjertos a una determinada plaga o enfermedad puede estar dada por no preferencia, cuando el portainjerto posee características que no son atractivas para la reproducción o alimentación de la plaga; antibiosis, cuando el portainjerto afecta el crecimiento y la reproducción de la plaga; y tolerancia, cuando el portainjerto puede vivir y prosperar, sufriendo un pequeño daño permanente.

La filoxera y los nemátodos atacan al género *Vitis* a través de distintos mecanismos. Ninguna especie o híbrido es inmune a los dos al mismo tiempo. La resistencia se mide como el porcentaje de reducción en el crecimiento total, en un período determinado de tiempo en presencia de la plaga en estudio, comparado con el crecimiento de la planta sin presencia de la plaga (Hardie y Cirami, 2000).

1.4.1 Filoxera

La filoxera (*Dactyloshpaera vitifolii* Schimer) es un pulgón nativo de América del Norte, de la región de las Montañas Rocosas. Algunas de las especies salvajes de vid de esta región adquirieron resistencia inherente a este áfido por coevolución (Hardie y Cirami, 2000). En 1863, a través de la introducción de especies americanas portadoras del insecto, la filoxera apareció en Francia, expandiéndose al resto de los países vitícolas de Europa entre 1865 y 1894. A partir de 1880 se desarrollan portainjertos resistentes, derivados de especies americanas. Las especies americanas constituyen la base para la obtención de todos los portainjertos utilizados en viticultura. Esto se debe a que las mismas presentan un mayor grado de resistencia a filoxera (Martínez de Toda, 1991). Métodos alternativos de control (i.e.: fumigación con insecticidas o la remoción de plantas infectadas) fueron poco satisfactorios (Hardie y Cirami, 2000). La filoxera se alimenta de las raíces de la vid causando dos tipos de lesiones; nudosidades y tuberosidades, produciendo un crecimiento anormal y disturbios en el metabolismo de las plantas.

Se distingue una resistencia intrínseca a la filoxera, propia de la planta, dependiente de su constitución genética, y una resistencia extrínseca dependiente de las condiciones de adaptación al medio, que condiciona el vigor de la planta y la más o menos rápida reposición de las raicillas atacadas por el insecto (Hidalgo, 1993). Para indicar la resistencia a filoxera se propusieron diversas escalas (Boubals 1966). Estas escalas proveen sólo una guía de resistencia ya que el com-

portamiento de las plantas en el viñedo está también gobernado por factores que influyen su crecimiento o la actividad del insecto. Por ejemplo, en un suelo de textura gruesa, donde la actividad de la filoxera es baja, plantas infectadas a pie franco pueden sobrevivir por más tiempo que en un suelo de textura fina (Hardie y Cirami, 2000). De la misma manera, bajo condiciones que favorecen el crecimiento de la planta (e.g., suelos húmedos, profundos y alta fertilidad), plantas a pie franco son capaces de sobrevivir por más tiempo, ante la presencia de filoxera, que bajo condiciones menos favorables. Este principio también se aplica al comportamiento de los portainjertos e.g., el portainjerto AxR#1, que se conocía por su moderada resistente a filoxera, ha sido usado satisfactoriamente por muchos años en Victoria, Estados Unidos. También fue recomendado para el control de la filoxera en suelos húmedos y fértiles de California. Por otro lado, este portainjerto no mostró ser resistente en Sud África y Sicilia. Es por eso que se describen dos biotipos de filoxera, tipo A y B; proponiendo que algunos portainjertos que poseen *Vitis vinifera* en su parentesco, presentan susceptibilidad al biotipo B, e.g., AxR#1, (Granett *et al.*, 1987).

Actualmente, para indicar la resistencia a filoxera, se utiliza la denominada “escala de Ravaz” que va desde 0/20 a 20/20, indicando 0/20 sensibilidad total, correspondiente a la especie *Vitis vinifera*, y 20/20 inmunidad total que corresponde a Muscadinia (Martínez de Toda, 1991).

1.4.2 Nemátodos

Los nemátodos son pequeños gusanos que viven y se desarrollan a costa de las raíces de la vid y de otras especies vegetales. En la vid los nemátodos identificados se clasifican en dos órdenes, *Tylenchidos* y *Dorylaimidos* (Hidalgo, 1993). *Tylenchidos* son en su mayoría endoparásitos que penetran enteramente en las raíces, donde viven, se nutren y se reproducen, siendo el género *Meloidogyne*, de la familia *Heteroderidae*, el que más frecuentemente se encuentra en los viñedos. *Dorylaimidos* son ectoparásitos que viven en el suelo y se alimentan de las extremidades de las raíces. Causan poco daño directo al viñedo, pero indirectamente su importancia es grande al transmitir virus. El género *Xiphinema*, de la familia *Longidoridae*, es el que se encuentra más corrientemente en los viñedos y es vector del virus del entrenudo corto infeccioso o fanleaf (Hidalgo, 1993).

Ningún portainjerto es inmune a los nemátodos (Hardie y Cirami, 2000). Las especies consideradas con mayor resistencia a nemátodos endoparásitos son *Vitis champini*, *Vitis Longii*, *Vitis Cinerea* y *Vitis rotundifolia*.

1.5 Influencia de los portainjertos en el comportamiento vegetativo y reproductivo de las plantas

El uso de portainjertos influye sobre la expresión vegetativa, el vigor, el rendimiento, las relaciones fuente-destino y la composición de la uva y el vino. Su uso puede resultar en un aumento o disminución para cada uno de éstos parámetros, comparado con la planta a pie franco, o puede ser indiferente. Parece ser específico en cuanto a estos aspectos para cada combinación portainjerto-planta injertada (Ollat 2007, comunicación personal). En un ensayo de tres variedades injertadas sobre seis portainjertos, cuando la variedad más vigorosa (Trincadeira) fue injertada sobre el portainjerto más vigoroso (1103 P), se obtuvo el rendimiento más bajo de todas las combinaciones estudiadas; por otro lado, cuando Periquita, variedad de bajo vigor, fue injertada sobre 1103 P presentó un rendimiento medianamente alto (Clímaco *et al.*, 1999). El portainjerto que confirió el vigor más bajo (41 B), también dio el más bajo rendimiento a las variedades menos vigorosas (Periquita y Camarote). Bajo las mismas condiciones un portainjerto pudo influenciar una misma característica en un sentido positivo o negativo según a la variedad a la que estaba asociado, poniendo en evidencia la influencia determinante de la variedad sobre el rol del portainjerto.

1.5.1 Expresión vegetativa y vigor

El vigor es la señal de un metabolismo intenso y se expresa por una elevada velocidad de crecimiento de brotes (en longitud y en diámetro) y por una alta fertilidad de yemas, lo cuál se traduce en una elevada traslocación de asimilados a la parte aérea (Ollat *et al.*, 2003). Los portainjertos constituyen un elemento fundamental para el control del vigor de la planta. Sin embargo, los mecanismos fisiológicos puestos en juego todavía son desconocidos (Tandonnet y Ollat, 2001; Ollat *et al.*, 2003). Según Champagnol (1984), la expresión vegetativa puede ser definida como la cantidad total de materia seca acumulada en las partes vegetativas de la planta (raíces, tronco, brotes, hojas), y el vigor como esta cantidad dividida por el número de brotes. Esto significa el peso medio del sarmiento. El peso de poda constituye una evaluación de la expresión vegetativa y no del vigor en sentido estricto.

En la conjunción injerto-portainjerto, dos aspectos del vigor son importantes. El primero es el vigor propio del portainjerto. El segundo es el vigor que exhibe la variedad que fue injertada sobre este portainjerto, como consecuencia de la interacción entre ambos. Rives, (1971) propone el término “vigor propio” para el primero y “vigor conferido” para el segundo. Es sabido que no existe correlación entre estos dos tipos de vigor (Rives, 1971), es decir, que cada portainjerto confiere un vigor específico según a que variedad es injertado, y este vigor puede ser superior o inferior que el de la planta a pie franco (Pouget, 1987; Ollat *et al.*, 2003). Esto significa que en la vid existe interacción entre injerto y portainjerto.

Según Pouget (1987) el vigor inducido por el portainjerto a la planta injertada depende del vigor propio del portainjerto y de su adaptación a las condiciones del suelo. El vigor conferido por un portainjerto se acentúa más en un suelo poco fértil que en uno muy fértil. Esto se debe a que los portainjertos vigorosos tienen mayor capacidad de exploración de las reservas minerales de suelos pobres que un portainjerto débil. En suelos fértiles, portainjertos considerados como “débiles” no actúan como tales (Ollat *et al.*, 2003). Sin embargo, estudios posteriores demostraron que con la adición de agua y nitrógeno en un ensayo a campo de portainjertos, las diferencias de vigor entre los portainjertos se mantuvieron (Tandonnet *et al.*, 2005).

Existen diferencias entre el diámetro del tronco del portainjerto y de la variedad injertada que traen consecuencias en el vigor de la planta. Especies como Riparia y sus descendientes crecen poco produciendo una diferencia de diámetro entre estas y la variedad injertada, formando, de esta manera, una barrera para la conducción de agua. Se considera que esas plantas son débiles y favorecen la calidad del vino y la precocidad de la uva de mesa. Por el contrario, Rupestris y sus descendientes tienen un diámetro similar al de la variedad injertada, permitiendo una conveniente conducción de agua. Estas plantas son consideradas vigorosas, favorecedoras de alta producción y retraso de la madurez (Galet, 1973).

En un ensayo a campo de cv. Cabernet Sauvignon sobre tres portainjertos, RGM tuvo la menor velocidad de crecimiento y menor longitud total del brote, y el peso de poda más bajo comparado con 110 R y SO4 (Tandonnet *et al.*, 2005). En otro ensayo a campo de cv. Syrah sobre doce portainjertos en estudio durante ocho años, 1103 P, 140 Ru y R Lot obtuvieron el mayor peso de poda frente a 41 B, 101-14 Mgt, 110 R y Riparia (Agut *et al.*, 2005). En un ensayo a campo de cv. Erbaluce sobre cinco portainjertos y a pie franco, plantas a pie franco obtuvieron el mayor vigor (Novello *et al.*, 1996).

Según el objetivo productivo se puede definir el tipo de portainjerto a usar, considerando que en la búsqueda de la calidad o la cantidad de uva, las necesidades pueden ser diferentes. Si el objetivo es la producción de vinos básicos se podrá elegir un portainjerto vigoroso, en cambio se optará por un portainjerto que induzca poco vigor si se busca un vino de alta gama (Hidalgo, 1993).

1.5.2 Relación entre parte aérea y radical

En las plantas, el crecimiento de la parte aérea está asociado al de sus raíces (i.e., la relación entre biomasa radical y aérea es relativamente constante a lo largo de la vida de la planta; Ollat *et al.*, 2003). En efecto, Swanepoel y Southey, (1989), encontraron una alta correlación entre el peso de poda (desarrollo aéreo) y el número de raíces por m² (desarrollo radical) en un grupo de portainjertos de vid. El sistema radical controla en parte la velocidad de crecimiento de la planta. Su capacidad de proveer agua y nutrientes a la parte aérea, ó su capacidad de sintetizar y exportar reguladores del crecimiento (e.g., ABA), podría explicar el control de crecimiento de la parte aérea y, por lo tanto, el vigor conferido. Por otro lado, la actividad radical es controlada por las importaciones de sustratos carbonados provenientes de la fotosíntesis de la parte aérea (Ollat *et al.*, 2003),

Se puede suponer que un portainjerto que confiere poco vigor tiene capacidades que limitan el desarrollo de la planta entera, pudiendo estar asociadas a un desarrollo radical limitante, a mecanismos de absorción de agua y nutrientes ó a la emisión de señales permanentes de control del crecimiento (Ollat *et al.*, 2003). Bajo este concepto, las aptitudes de diferentes genotipos de portainjertos al desarrollar su sistema radical, podría explicar el vigor conferido a la planta injertada (Branas, 1974; Pouget, 1987).

Cuando una sola planta de Cabernet Sauvignon se injertó con 110 R y RGM, contando con dos sistemas radicales en distintas macetas, la parte aérea traslocó más materia seca hacia 110 R (Tandonnet *et al.*, 2005). De esta manera, una menor traslocación de fotoasimilados a la raíz afectaría el desarrollo del sistema radical. Consecuentemente, se reduciría el volumen de colonización del suelo así como la cantidad de agua y nutrientes absorbidos, lo cuál afectaría el crecimiento y desarrollo de la parte aérea. Al injertar la misma variedad por separado con cada uno de estos pies en un ensayo a campo, la menor traslocación de fotoasimilados a la raíz en RGM se asoció con menores velocidades de crecimiento del brote, peso de poda, rendimiento y un menor índice de área foliar.

1.5.3 Rendimiento y composición de uva y vino

Diferentes autores proponen distintas formas de evaluar el equilibrio entre el crecimiento vegetativo y reproductivo. La relación entre el rendimiento y el peso de poda es la forma más aceptada actualmente (Bravdo *et al.*, 1984; Bravdo *et al.*, 1985; Smart, 1985; Kliewer *et al.*, 2000). Existe un nivel óptimo de dicha relación que asegura una mayor calidad de la uva con mayor acumulación de azúcar y mayor concentración de polifenoles. Debe tenerse en cuenta que la fuente de azúcar de las uvas proviene de la fotosíntesis de las hojas, la cuál depende de la cantidad de superficie foliar que esta expuesta al sol (Kliewer y Dokoozlian, 2005).

El portainjerto es considerado como una manera adecuada para ajustar procesos fisiológicos de la planta (*e.g.*, utilización de asimilados, relación raíz – parte aérea, cantidad y duración del crecimiento vegetativo). De esta manera, el comportamiento vegetativo y reproductivo del viñedo, así como la calidad de sus productos, son afectados por el portainjerto. (Mattii *et al.*, 2005). En un ensayo a campo de cv. Sangiovese sobre los portainjertos 101-14 Mgt, 1103 P y 420 A; 1103 P obtuvo un mayor rendimiento debido a un mayor peso de racimo (Mattii *et al.*, 2005). En otro ensayo de Syrah sobre doce portainjertos, 101-14 Mgt produjo un menor número de racimos, de menor peso y con bayas más pequeñas; mientras que 161-49 C presentó el mayor rendimiento con los racimos y las bayas más grandes (Agut *et al.*, 2005). En cuanto a la composición, las uvas obtenidas del portainjerto 101-14 Mgt alcanzaron el mayor contenido en azúcar y el vino obtuvo buen color y una alta riqueza en polifenoles. En un ensayo con cuatro variedades de *Vitis vinifera* combinadas con nueve portainjertos y a pie franco, las plantas injertadas sobre RGM obtuvieron el menor rendimiento, debido en parte a un menor número de bayas por racimo, y sus uvas tuvieron una mayor cantidad de sólidos solubles, mayor pH y menor acidez total (Sampaio y Vasconcelos, 2005). Los portainjertos 5 BB y 420 A dieron la mayor producción, con bajo pH y elevada acidez en sus uvas. Plantas a pie franco o injertadas con 3309 C dieron la menor cantidad de sólidos solubles. En un ensayo de cv. Sultana, plantas injertadas obtuvieron menor rendimiento comparadas con plantas a pie franco (Sommer *et al.*, 2001).

1.6 Factores que pueden explicar las diferencias en el comportamiento de las plantas

1.6.1 Afinidad entre el portainjerto y la variedad injertada

Se entiende por afinidad el grado de adaptación recíproca de las funciones fisiológicas del portainjerto y la planta injertada, lo cuál determinará la expresión vegetativa de la planta (Hidalgo, 1993). En la asociación simbiótica que constituye una planta injertada, las funciones metabólicas se reparten entre los dos genotipos, donde la variedad injertada asegura la nutrición carbonada, y el portainjerto la alimentación hídrica y la nutrición mineral. De esta manera, debe haber una adecuación entre las exigencias del aparato foliar y la capacidad del sistema radical para satisfacerla, resultando en un funcionamiento armonioso del metabolismo general de la planta. Esta complementariedad, definida como afinidad, es el resultado de numerosos procesos fisiológicos (Pouget, 1987).

La afinidad entre dos genotipos esta influenciada por características botánicas y fisiológicas. Las diferencias botánicas no permiten la injertación entre diferentes géneros como *Vitis* y *Parthenocissus*, o *Vitis* y *Muscadinia*. Por el contrario, las especies pertenecientes a un mismo género se pueden injertar entre ellas (Galet, 1973).

No todos los portainjertos presentan caracteres de buena afinidad con determinadas viníferas (Ferraro Olmos, c1982). La falta de afinidad se traduce en un decaimiento de la variedad luego de unos años de producción (Sotes Ruiz *et al.*, c1990). Las causas de incompatibilidad por causas fisiológicas no siempre pueden ser puestas en evidencia. Diversos autores lo atribuyen a un desequilibrio en la alimentación hídrica del portainjerto a la variedad injertada (Galet, 1973). Una de las causas más típicas es la presencia de un obstáculo a la circulación de la savia que puede proceder de: una diferencia de diámetro entre el portainjerto y la variedad injertada, una soldadura incompleta, o la formación de tilosis que obstruya los vasos conductores del xilema. Se ha observado que las diferencias de diámetro entre Garnacha y SO4 va acompañada de diferencias en el tamaño de los vasos xilemáticos (Sotes Ruiz *et al.*, c1990). Según diversos autores, el efecto de las diferencias anatómicas entre el injerto y la variedad injertada, puede inducir un aumento de la resistencia a la conducción de agua, nutrientes y fotoasimilados entre ambos (Ollat *et al.*, 2003). Como se comentó anteriormente, Tandonnet *et al.* (2005), concluyó que la afinidad se puede manifestar en una reducción del transporte de fotoasimila-

dos a la raíz, lo cuál repercute en la expresión vegetativa, vigor y rendimiento de la planta.

En un ensayo de cv. Arinarnoa sobre RGM (bajo vigor) y 110 R (alto vigor), con o sin la presencia de un interinjerto con distintas combinaciones, la presencia del interinjerto cuando el pie fue RGM provocó un aumento en el vigor (Tandonnet y Ollat, 2001). El nivel de rendimiento y la composición del mosto no fueron modificados, en ninguna combinación, por la presencia de un interinjerto, pudiendo concluir que el sistema radical no es el único elemento que influye sobre el desarrollo y la producción de la planta, sino que las diferencias anatómicas de los tejidos vasculares entre el portainjerto y la planta injertada, puede tener un efecto sobre el vigor conferido.

1.6.2 Intercambio gaseoso

La tasa de fotosíntesis neta (A) y la conductancia estomática (g_s) están influenciadas por el portainjerto y este efecto parece ser específico de la combinación portainjerto-variedad injertada. En un ensayo a campo de cuatro variedades injertadas sobre un mismo portainjerto, la A fue mayor en las plantas injertadas; en algunos casos, aumentaron más su A que lo que puede ser atribuido a cambios en la g_s (Daring, 1994). En otro ensayo a campo en condiciones de secano, plantas a pie franco de la cv. Carignane tuvieron una mayor A y una mayor g_s que plantas de la misma variedad injertadas con *Vitis riparia* y esta última a pie franco, sin modificar su estado hídrico (Padgett-Johnson *et al.*, 2000). En un ensayo a campo de cv. Cabernet Sauvignon sobre tres portainjertos, hubo diferencias significativas entre la g_s , no así en la A y el Ψ_L (Williams y Smith, 1991). En plantas de cv. Pinot noir a campo injertadas sobre dos portainjertos, 101-14 Mgt obtuvo una mayor A que 3309 C (Candolfi-Vasconcelos *et al.*, 1994). Lo que provocó un mayor rendimiento en las plantas injertadas sobre 101-14 Mgt (Koblet *et al.*, 1994). En un ensayo de cv. Sangiovese sobre tres portainjertos, la mayor A de 1103 P se relacionó con una mayor velocidad de crecimiento de los brotes y un mayor peso de los racimos, comparado con 101-14 Mgt y 420 A (Mattii *et al.*, 2005). En el ensayo de cuatro variedades de *Vitis vinifera* combinadas con nueve portainjertos y a pie franco (Sampaio y Vasconcelos, 2005) las plantas injertadas sobre RGM tuvieron la menor tasa de A y transpiración (E) y esto se correlacionó con un menor rendimiento.

Las diferencias en la actividad fotosintética inducidas por los portainjertos parecen estar ligadas al estado hídrico de la planta. En un ensayo en maceta de cv.

Müller Thurgau la A entre plantas a pie franco e injertas fue similar cuando se encontraban en buenas condiciones hídricas (Iacono, *et al.*, 1998). Luego de un período de estrés hídrico, la A de las plantas a pie franco disminuyó fuertemente, mientras que las injertadas mantuvieron los mismos niveles que cuando estaban bien hidratadas. En un viñedo de cv. Periquita sobre distintos portainjertos a secano, 140 Ru mantuvo los valores de A y de g_s más elevados a medida que el contenido hídrico del suelo disminuía (Clímaco *et al.*, 1998). En el ensayo de cv. Arinarnoa sobre RGM y 110 R con o sin la presencia de un interportainjerto, la evolución del intercambio gaseoso fue fuertemente influenciada por el contenido hídrico del suelo (Tandonnet y Ollat, 2001). Bajo condiciones hídricas no limitantes, no hubo diferencias entre los dos genotipos y entre los simples o dobles injertos. A medida que el contenido de agua en el suelo fue disminuyendo, plantas injertadas sobre RG presentaron valores más elevados de intercambio gaseoso, ligados a la disminución menos marcada del potencial hídrico de base.

1.6.3 Distribución y densidad radical

La extensión y profundidad de las raíces son los principales factores que afectan a la extracción de agua del suelo. La distribución de las raíces en profundidad depende fuertemente de factores de adaptación de las especies, pero también de las características del suelo en el que crecen las plantas (Reigosa *et al.*, 2003).

Las raíces proveen soporte estructural y superficie para la absorción de agua y nutrientes (Smart *et al.*, 2006). De esta manera, diferencias en el patrón de distribución radical afectaría la absorción de agua y nutrientes, modificando el estado hídrico y nutricional de la planta (Williams y Smith, 1991), lo cual influiría en la expresión vegetativa, vigor y rendimiento de la planta. Además, al determinar la absorción de agua, el sistema radical puede inducir cambios en el potencial agua de la hoja, afectando por lo tanto la conductancia estomática y la fotosíntesis (Candolfi-vasconcelos *et al.*, 1994). Según Iacono *et al.* (1998), la tasa fotosintética de las hojas de vid es afectada por características morfológicas, anatómicas y bioquímicas del sistema radical, *e.g.*, la deshidratación de raíces como las bajas temperaturas en la zona radical, conducen al cierre estomático y a una disminución en la fotosíntesis, sin cambiar la turgencia de la hoja.

En un ensayo a campo de cv. Cabernet Sauvignon, AxR#1 tuvo el menor número de raíces totales comparado con 5C y St. George, pero la distribución radical fue similar, mostrando que los factores edáficos determinan la distribución y la

estructura del sistema radical, mientras que el número de raíces en el volumen de suelo (densidad radical) es dependiente del portainjerto (Williams y Smith, 1991). Además concluyeron que comparado con los portainjertos 5C y St. George la menor densidad del sistema radical del portainjerto AXR#1 podría haber disminuido la g_s de Cabernet Sauvignon, sin haber mostrado diferencias en su estado hídrico. En el mismo ensayo no se encontró un efecto marcado de los portainjertos sobre la concentración de N y K en los diferentes órganos de la planta.

Según Smart *et al.* (2006), la distribución de las raíces en forma paralela y perpendicular a la línea de plantación es similar. Los mismos autores confirman que la distribución vertical de la raíz depende más de la estructura del suelo, de la presencia de piedras y de la profundidad de la capa freática que de la textura y el genotipo. Además, sugieren que la densidad radical y el ángulo geotrópico varían con el genotipo.

En un ensayo a campo de cv. Cabernet Sauvignon sobre tres portainjertos, St. George tuvo la mayor densidad de raíces y una distribución más profunda que 110 R y AxR#1, St. George, a su vez, tuvo el mayor peso de poda, mostrando un mejor balance entre la parte aérea y radical (Morano y Kliewer, 1994).

1.6.4 Relaciones hídricas

La expansión celular es uno de los procesos más sensibles al estado hídrico de la planta (Sadras y Milroy, 1996), por lo que no es posible separar los aspectos de vigor, expresión vegetativa y rendimiento de los aspectos hídricos (Ollat *et al.*, 2003). La expansión celular está determinada, en parte, por la turgencia de las células; para mantener una alta turgencia es necesario mantener un alto Ψ_L (Ecuación 1; Tyree y Zimmermann, 2002).

$$\Psi_L = \Psi_S + \Psi_P \quad \text{Ecuación 1}$$

donde: Ψ_s es el potencial osmótico y Ψ_p el potencial de turgencia.

A su vez, el Ψ_L depende de tres factores, el potencial agua del suelo, la transpiración y la conductancia hidráulica foliar específica según la ley de Darcy (Ecuación 2; Maseda y Fernández, 2006):

$$\psi_L = \psi_{\text{suelo}} - \frac{1}{k_L} * E \quad \text{Ecuación 2}$$

donde: ψ_{suelo} es el potencial agua del suelo, E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) es la tasa de transpiración y k_L ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$) es la conductancia hidráulica foliar específica.

Tanto el ψ_{suelo} como la E dependen de factores ambientales; el ψ_{suelo} depende del contenido hídrico del suelo y su textura y la E de fenómenos atmosféricos (radiación, viento, temperatura, déficit de presión de vapor) y por lo tanto no son atribuibles a la planta. Por otro lado, la magnitud de la k_L es atribuible a la planta y en este estudio específicamente al portainjerto, ya que depende de la densidad de raíces, la cantidad y tamaño de los vasos xilemáticos y de las resistencias hidráulicas que se dan en la unión injerto portainjerto.

De esta manera la influencia del portainjerto puede estimarse midiendo k_L . De acuerdo a la ley de Darcy, existe una relación lineal entre la tasa de transpiración y el potencial agua de la hoja que se cumple cuando los estomas se encuentran abiertos. Por lo cual es posible estimar k_L , a través de una regresión lineal entre el ψ_L y E , como la recíproca de la pendiente de la regresión. (Ecuación 2; Cruziat *et al.*, 2002; Saito *et al.*, 2003; Schultz, 2003).

En la figura 2 se puede observar una curva teórica de esta relación. Cuando E es cero, el ψ_L se equilibra con el ψ_{suelo} . A medida que E aumenta habrá una correspondiente caída en ψ_L . La trayectoria no es estrictamente lineal en cada momento, sino que con posteriores aumentos de la E , la caída en ψ_L se hace no proporcional (Sperry *et al.*, 2002)

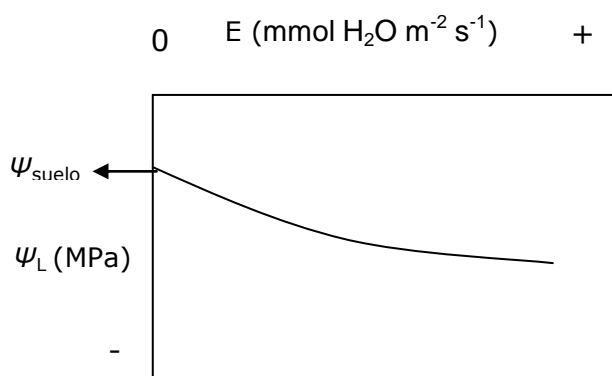


Figura 2: Relación teórica entre el potencial hídrico foliar (ψ_L) y la transpiración (E)

Figure 2: Theoretical relation between leaf water potential (ψ_L) and transpiration (E)

En un ensayo en macetas con cinco portainjertos (Kober 5BB, SO4, 420 A, 157.11 y 1103 P), mayores valores de conductividad radical en el portainjerto 1103 P se asociaron a mayores valores de área foliar, materia seca de la parte aérea y materia seca de la planta entera (Peterlunger *et al.*, 1990).

El Ψ_L puede o no ser influenciado por el portainjerto. Los portainjertos AxR#1, 5C, y St. George, no influyeron en el Ψ_{LMD} en la cv. Cabernet Sauvignon (Williams y Smith, 1991). En la cv. Carignane bajo condiciones de secano, tampoco se encontraron diferencias en el potencial tallo y en el Ψ_{LMD} entre la variedad a pie franco, injertada sobre *Vitis riparia* y la misma a pie franco (Padgett-Johnson *et al.*, 2000). Por otro lado, en un ensayo a campo en condiciones de secano, con la cv. Ruby Seedlees y ocho portainjertos, se pudieron distinguir tres grupos de portainjertos según el Ψ_{LMD} promediado durante la temporada, siendo R Lot y 110 R los de potencial más bajo, 101-14 Mgt, 140 Ru, SO4 intermedios, y 41 B y 1103 P con potenciales menos negativos (Ezzahouani y Williams, 1995). También se encontraron diferencias de Ψ_L entre portainjertos en la cv. Periquita a campo en condiciones de secano, manteniendo 140 Ru los potenciales menos negativos; y en la cv. Sangiovese, obteniendo 104-14 Mgt los menores valores de potencial y 1103 P los mayores (Clímaco, *et al.*, 1998; Mattii *et al.*, 2005). En la cv. Italia, se encontraron diferencias en el Ψ_{LMD} para toda la temporada entre portainjertos en un año seco, obteniendo SO4 los valores menos negativos comparado con R Lot, no así en un año húmedo (Ezzahouani y Larry, 1997).

1.6.5 Absorción de nutrientes

La absorción de nutrientes del suelo y su traslocación es diferente entre portainjertos, lo cuál influye en el metabolismo y crecimiento de la planta. En una revisión sobre la nutrición mineral de los portainjertos de vid realizada por Bavaresco, (2001) se señala que la absorción de K, N, Mg y Fe depende fuertemente del portainjerto. Se encontró, *e.g.*, que la cv. Pinot Blanc sobre SO4 posee más N, K y Fe que sobre 41 B, pero considerablemente menos Mg.

Las diferencias de absorción parecen estar relacionadas a las condiciones del medio edáfico. En un ensayo en macetas de cv. Cabernet Sauvignon y Chenin injertadas sobre cuatro portainjertos, bajo condiciones de fósforo (P) suficientes, plantas injertadas sobre 110 R tuvieron una mayor concentración de P en sus pecíolos, mientras que bajo condiciones insuficientes de P, plantas sobre St. George tuvieron una mayor concentración de P comparado con AxR#1 (Stanley Grant y

Matthews, 1996 a). En el mismo ensayo de cv. Chenin comparando los portainjertos Freedom y St. George bajo condiciones de P insuficientes, plantas sobre Freedom absorbieron más P, trasladaron más P a los brotes y utilizaron el P más eficientemente para el crecimiento de los brotes que plantas sobre St. George (Stanley Grant y Matthews, 1996 b).

En un ensayo a campo de cv. Chardonnay, Cabernet Sauvignon y Zinfandel sobre catorce portainjertos, se encontraron diferencias en la concentración de K en pecíolos, el portainjerto 44-53 tuvo la mayor concentración en floración, envero y cosecha. Portainjertos emparentados con *Vitis berlandieri* tuvieron menores niveles de K en floración (Wolpert *et al.*, 2005).

Cuando se midió la concentración de N en los diferentes órganos de Cabernet Sauvignon en un ensayo a campo, una menor concentración de N en raíces de 5C, comparado con AxR#1 y St. George, también se encontró en los racimos (Williams y Smith, 1991).

En un ensayo a campo de cv. Cabernet Sauvignon sobre tres portainjertos el análisis foliar de nutrientes en envero presentó diferencias entre los portainjertos (Tandonnet *et al.*, 2005). Plantas injertadas sobre RGM mostraron una menor concentración de P en el pecíolo, lo cuál podría deberse a una menor capacidad de absorción de P ó una menor capacidad de transporte a la parte aérea. A su vez, estas plantas obtuvieron el menor crecimiento de brotes, el menor peso de poda y la menor área foliar.

Los suelos alcalino calcáreos pueden inducir clorosis férrica debido a una menor cantidad de Fe en el suelo y/o a una menor disponibilidad del mismo, siendo este un problema notorio cuando se usan portainjertos, por eso se seleccionaron portainjertos resistentes como 140 Ru, 41 B, 333 EM, Fercal para este tipo de suelos. En un ensayo de cv. Chardonnay en macetas con tres portainjertos sobre suelo alcalino y no alcalino, el contenido de Fe y clorofila en las hojas, en suelo alcalino, fue mayor en plantas injertadas sobre portainjertos resistentes a clorosis (140 Ru y SO4) que sobre 101-14 Mgt, susceptible (Bavaresco *et al.*, 1992). En un ensayo similar con Pinot Blanc, 3309 C, susceptible a clorosis, mostró un menor contenido de Fe en las hojas, ligado a una dramática reducción del crecimiento de brotes y de la producción, comparado con 41 B (Bavaresco *et al.*, 2003). Bavaresco *et al.*, (1991) sugieren que los portainjertos resistentes absorben más Fe y que tienen una mayor capacidad de reducirlo, encontrando una relación entre esto y el diámetro de las raíces. Posteriormente Bavaresco y Lovisolo, (2000) concluyeron que la ocurrencia de clorosis es el resultado de la interacción injerto-portainjerto, lo cuál puede estar asociado a diferentes conductividades hidráulicas de cada combinación, e.g.

SO4 a pie franco mostró la mayor conductividad específica, asociado con la mayor tasa de crecimiento del brote y el mayor contenido de clorofila de la hoja.

1.6.6 Síntesis y traslocación de hormonas

El transporte de señales químicas, e.g. ácido absícico (ABA), desde las raíces a las hojas a través del flujo transpiratorio es el mecanismo propuesto para explicar el cierre estomático bajo condiciones de estrés hídrico (Tardieu y Davies, 1992; Azcón-Bieto y Talón, 2000). En un ensayo en macetas de cv. Müller Thurgau sobre tres portainjertos bajo estrés hídrico, plantas injertadas mostraron contenidos similares de ABA en las hojas que plantas a pie franco (Iacono *et.al.*, 1998). La fotosíntesis disminuyó linealmente con el incremento de ABA a medida que se seca el suelo, pero esta regresión fue diferente entre tratamientos. Los resultados indicaron que el comportamiento fisiológico de las hojas puede ser afectado por el portainjerto. La respuesta de la conductancia estomática a la concentración de ABA en las hojas es específica de la combinación portainjerto-planta injertada, pero la cantidad de ABA en las hojas no pudo ser explicada por la interacción.

En un ensayo a campo de cv. Syrah sobre siete portainjertos, en el cuál se disminuyó el agua aplicada en un 70% en el segundo año de experimentación, no se encontró una correlación consistente entre la concentración de ABA del xilema y la g_s , sugiriendo que el ABA no es el único responsable en regular las diferencias de g_s entre las distintas combinaciones (Soar *et. al.*, 2006). Los autores sugieren que elevadas concentraciones de ABA en el xilema de los portainjertos K51-40, 420 A, 140 Ru y SO4 se debe más a un mayor grado de estrés en esas combinaciones que a una diferencia en la capacidad de síntesis de ABA. Ese grado de estrés estaría generado por una menor capacidad del portainjerto de proveer a la planta una cantidad adecuada de agua, comparando con Teleki 5C, Ramsey y pie franco.

1.7 Formulación y fundamentación

Los trabajos sobre comportamiento de los portainjertos de vid son muy escasos en Argentina.

La introducción de estos genotipos fue motivada por su resistencia a nematodos y filoxera, pero no se conoce su comportamiento hídrico, ni su capacidad para modular el vigor, la productividad y la composición de la uva en situaciones de riego.

Como fundamentación debe agregarse que es poco entendido cómo el portainjerto influye en la fisiología y en las relaciones hídricas de la planta (Padgett-Johnson *et al.*, 2000).

Si bien existen interacciones entre *Vitis vinifera* y el portainjerto, éstas pueden ser distintas para cada combinación injerto–portainjerto. Investigar las interacciones para todas las variedades existentes en Argentina excedería las posibilidades de este estudio. Debido a esto se eligió la cv. Malbec por ser la variedad emblemática de Argentina.

1.8 Objetivos

Evaluar el comportamiento diferencial de los portainjertos de vid Harmony, SO4, 1103 P, 140 Ru, 3309 C y Cereza, injertados bajo Malbec, en cuanto a expresión vegetativa, vigor, rendimiento y composición de la uva.

Explicar dichas diferencias en términos de exploración radical, relaciones hídricas, asimilación de carbono, eficiencia en el uso del agua y partición de asimilados.

1.9 Hipótesis de trabajo

H₁: Distintos portainjertos inducen diferencias en el estado hídrico de las plantas debido en parte a una diferente densidad de raíces.

H₂: Distintos portainjertos inducen diferencias en expresión vegetativa, vigor, rendimiento y composición de la uva debido en parte a una acción directa del estado hídrico y en parte a una acción indirecta del mismo al regular la fotosíntesis.

H₃: La combinación injerto – portainjerto modifica las relaciones fuente – destino, la partición de asimilados y la eficiencia en el uso del agua.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio consistió en la evaluación de un ensayo instalado en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Mendoza, Luján de Cuyo (33° S; 68° O; 924 m snm), implantado en el año 1999. La evaluación se realizó durante dos temporadas: primera temporada (2006-2007), segunda temporada (2007-2008). En las dos temporadas se evaluaron variables relacionadas a la expresión vegetativa, el vigor, el rendimiento, la composición de la uva y la fenología de las plantas; se midió el potencial hídrico foliar y se calculó el equilibrio vegetativo y reproductivo. En la primera temporada se midió además el contenido peciolar de nutrientes; y en la segunda se estudiaron los aspectos fisiológicos y morfológicos de las plantas.

2.1 Características del viñedo donde se instaló el ensayo

El ensayo constó de un viñedo de *Vitis vinifera* cv. Malbec injertado sobre 6 portainjertos y a pie franco. Las hileras tenían una orientación N-S. El sistema de conducción fue en espaldero a cordón pitoneado con una distancia de plantación de 2,5 m x 1,5 m. El viñedo contó con malla antigranizo, sistema grenviule.

Existía un gradiente de expresión vegetativa y vigor en el sentido SO-NE que pudo observarse mediante el mapeo del peso de poda (PP) del 2006 (Figura 3), en el cuál se restó el efecto genotipo para poder observar la influencia propia del ambiente.

El suelo era un Torrifluente típico de la Serie "Chacras de Coria" (Romanella, 1957). Para poder caracterizarlo se realizaron análisis de fertilidad (Nitrógeno Total por Kjeldahl, según Bremner (1965); Fósforo en extracción carbónica relación 1:10 (Nijensohn, 1991) y Potasio intercambiable con acetato de amonio (Pratt, 1965)) y salinidad simple y se apreció la textura mediante el método de volumen de sedimentación (Nijensohn y Pilasi, 1962); para ello se diferenciaron visualmente tres estratos de suelo en una calicata y se tomaron muestras compuestas en la zona de vigor medio. El suelo se caracterizó por su textura Franco a Franco Arenosa, por poseer una salinidad media a baja (medida como conductividad eléctrica), por tener bajos niveles de N y P, y altos niveles de K, y por ser profundo (> 1,50 m; Tabla 2). Por otro lado, se diferenció organolépticamente la presencia de una capa Franco

Arenosa de 60–90 cm de profundidad en la zona de bajo vigor, y una capa Franco Arcillosa, a igual profundidad, en la zona de mayor vigor.

Tabla 2: Características físicas y químicas del suelo del ensayo de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Entre paréntesis se indican los niveles de fertilidad de N, P, K.

Table 2: Physical and chemical characteristics of the soil of the trial of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Levels of fertility are indicated in parenthesis.

Capa (cm)	Textura	Conductividad eléctrica (dS/m)	pH	N Total (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	M.O %
0 – 30	Franco Arenosa	3,44	8,17	568 (Bajo)	3,5 (Bajo)	258 (Alto)	0,96
30 – 60	Franco	5,02	7,93	516 (Bajo)	3,9 (Medio)	328 (Alto)	0,89
60 - 90	Franco	3,85	8,03	337 (Muy bajo)	0,7 (Muy bajo)	286 (Alto)	0,55

Se realizó un análisis nematológico de suelo y raíces en los tratamientos más sensibles al patógeno (*Vitis vinifera*: Franco y Cereza), donde se encontró un grado de infestación medio para Franco y bajo para Cereza. En los mismos, no se detectó presencia de filoxera.

El sistema de riego fue gravitacional por melgas a cero, los riegos se definieron sobre la base del potencial hídrico foliar de mediodía, manteniéndolo a -1,1 MPa entre el período de brotación-envero y a -1,4 MPa entre envero y cosecha.

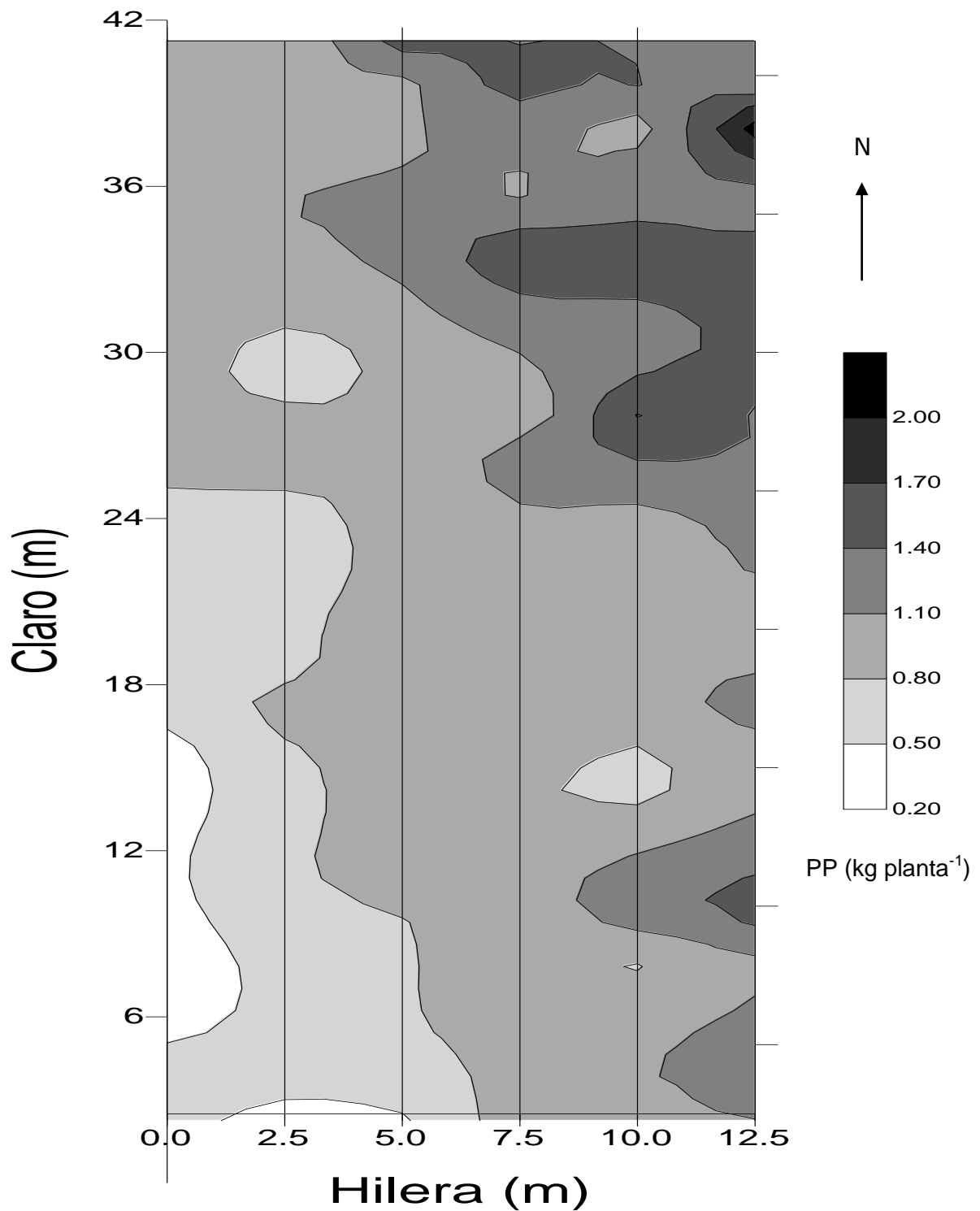


Figura 3: Mapa del peso de poda 2006 del ensayo de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco, restando el efecto genotipo.

Figure 3: Map of de pruning weight 2006 of the trial of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots, without the genotype effect.

2.2 Diseño experimental

El diseño experimental fue en cuadrado latino de 7 x 7, donde cada tratamiento estuvo el mismo número de veces en cada hilera y cada columna. La unidad experimental constó de un claro de cuatro plantas. La unidad de medición fue de dos plantas para las variables peso de poda, diámetro del tronco, crecimiento de los brotes, superficie foliar total, rendimiento y sus componentes, y composición de la uva. Para los estadios fenológicos la unidad de medición fue el claro. Para el estudio de raíces se realizaron calicatas en las plantas donde no se medía el resto de las variables (plantas bordura) para evitar alteraciones en el funcionamiento de las mismas.

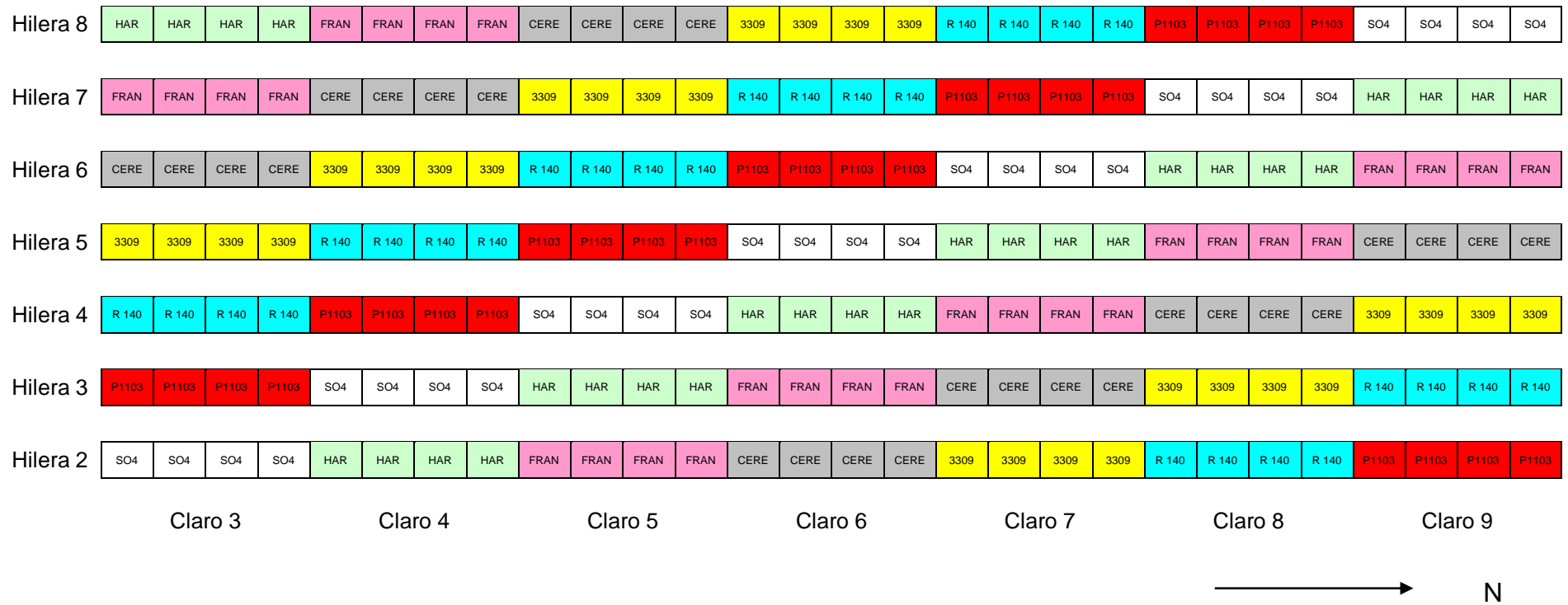
Debido a la falta de vigor en la primera hilera del ensayo no se pudieron hacer mediciones en ella en la primera temporada, por lo que el diseño quedó desbalanceado (ver apartado Análisis de los datos).

2.3 Tratamientos

Los tratamientos fueron siete, siendo el tratamiento testigo Malbec a pie franco. El resto de los tratamientos fue Malbec injertado sobre los siguientes portainjertos:

- **Harmony:** 1613 C x Dog Ridge
- **SO4:** *V. Berlandieri* x *V. Riparia*
- **1103 Paulsen:** *V. Berlandieri* x *V. Rupestris*
- **140 Ruggeri:** *V. Berlandieri* x *V. Rupestris*
- **3309 C:** *V. Riparia* x *V. Rupestris*
- **Cereza** (*V. vinifera*)

El Malbec utilizado se obtuvo de una selección masal y los portainjertos provinieron de material certificado libre de virus. El tipo de injerto realizado fue de tipo omega. En la figura 4 se observa el plano del ensayo con la distribución de sus tratamientos.



REFERENCIAS:

HAR	Harmony
FRAN	Franco
CERE	Cereza
3309	3309 C
R 140	140 Ruggeri
P1103	1103 Paulsen
SO4	SO4

Figura 4: Plano del ensayo de Malbec sobre seis portainjertos y a pie franco.

Figure 4: Map of the trial of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots.

2.4 Variables medidas

2.4.1 Evaluación de la expresión vegetativa, el vigor y la fenología de las plantas

Para poder evaluar la expresión vegetativa y el vigor de las plantas no se realizaron podas en verde, es decir que las mismas se dejaron crecer libremente para que pudieran alcanzar su máxima expresión.

Peso de poda: Se pesó la poda invernal por planta como un indicador de la expresión vegetativa. A su vez, se calculó para cada planta el peso promedio del brote dividiendo el PP por el número de brotes, como un indicador del vigor. En todos los tratamientos la poda se condicionó dejando 20 yemas por cada kilo de poda. De esta manera, quedaron entre 16 y 24 yemas por planta.

Fenología: Se determinaron los estadios fenológicos de brotación, floración y envejecimiento. Para ello se realizaron observaciones tres veces por semana y se tomó como fecha del evento cuando se había cumplido el 50% de la fase.

Evolución del crecimiento de los brotes: En la primera temporada, a partir del 50% de brotación y hasta mediados de diciembre del 2006 se midió dos veces por semana el largo de dos brotes de cada planta. Estos datos se utilizaron para analizar la evolución del crecimiento de los brotes (ver apartado Análisis de los datos).

Longitud final de brotes principales y de feminelas: Se midió en el momento de la poda la longitud final de los brotes principales y de las feminelas de cada planta, de esta manera se obtuvo la longitud total de los brotes de cada planta.

Superficie foliar total: Para obtener la superficie foliar total (SFT) de las plantas (temporada 2006-2007) se extrajeron 15 brotes de las plantas bordura, se midió la longitud del brote principal y de las feminelas y se procesaron las hojas con un medidor láser de área foliar (CI-203/CI-203CA,CID,Inc., Camas, Washington, E.U.) para obtener la SFT por brote. Se realizó una regresión entre la SFT del brote y su longitud total:

$$\text{SFT (m}^2\text{)} = 0,158398 * \text{Longitud del brote (m)} - 0,079874$$

$$R^2 = 84 \%$$

Luego, con los datos de longitud total de los brotes de cada planta, medidos en la poda 2007, se aplicó la regresión y se obtuvo la SFT de la planta.

En la temporada 2007-2008 se procedió de la misma manera siendo la regresión obtenida la siguiente:

$$\text{SFT (m}^2\text{)} = 0,16 * \text{Longitud del brote (m)} + 0,0122$$

$$R^2 = 95\%$$

2.4.2 Rendimiento y sus componentes

Previo a la cosecha se contó el número de brotes por planta y el número de racimos por brote. Se realizó un muestreo de dos racimos por planta para obtener el peso promedio del racimo y el número de bayas por racimo. Por otro lado se determinó el peso de la baya (ver apartado Composición de la uva) y finalmente se pesó la producción por planta.

2.4.3 Equilibrio vegetativo y reproductivo

Índice de Ravaz: Se calculó el Índice de Ravaz como la relación entre el rendimiento (kg planta⁻¹) de la cosecha y la poda (kg planta⁻¹).

Relación superficie foliar total y peso del racimo: Se calculó la relación entre la SFT (m² planta⁻¹) y el peso del racimo (kg planta⁻¹).

2.4.4 Composición de la uva

En la cosecha, realizada el mismo día para todos los portainjertos, se sacaron muestras de 200 bayas de uva para realizar los análisis correspondientes. Las bayas fueron separadas en clases de tamaño mediante una combinación de tamices de 7 a 17 mm, con intervalos de 2 mm. De esta manera se determinó el diámetro (mm) y peso medio de la baya (g) y se conservó la clase modal, la que se separó en sus componentes – hollejo, pulpa, semilla- para medir el resto de las variables. Los sólidos solubles (Brix) fueron medidos con un refractómetro (ATC-1E, ATAGO, Japón) y el pH con potenciómetro (pH 330/SET-1, WTW, Alemania) a partir de la pulpa molida. Los antocianos y fenoles totales de los hollejos fueron analizados por el método de Riou y Asselin (1996): se pesaron 10 g de bayas y se extrajeron sus hollejos, los mismos se pusieron a macerar en una solución sintética

(etanol 12%; SO₂ 10%; pH = 3,5 con HCl) en un baño termoestático (3 h, 70 °C), luego el líquido macerado se centrifugó (4000 g, 4 min) , el sobrenadante se mezcló con 1% HCl (antocianos) y H₂O (fenoles totales) y se midió la densidad óptica a 520 nm para antocianos y a 280 nm para fenoles totales con un espectrofotómetro UV-Visible (Cary 50 Bio, Varian). Los taninos de los hollejos fueron determinados por el método de Bate-Smith (1954): hollejos congelados por nitrógeno líquido se pulverizaron y 50 mg de esta molienda se maceraron (15 min con agitación) en una solución extractante (partes iguales de acetona 80% y metanol 80%, pH = 3,5), luego el líquido macerado se centrifugó (10000 g, 10 min) y el sobrenadante se incubó en un baño de agua (100 °C, 20 min) con una solución ácida de butanol (HCl 12 N; butanol y SO₄Fe). Las cianidinas formadas por despolimerización se dosaron a 540 nm con espectrofotómetro. Para las catequinas se procedió de la misma forma que para taninos difiriendo en la solución extractante que fue acetona 70%; por otro lado el sobrenadante se mezcló con dimetilamino cinamaldehído (0,1% con metanol) y después de 10 min se realizó la lectura a 640 nm con espectrofotómetro (Zironi, 1992). Los resultados de antocianos, taninos, y catequinas fueron expresados en mg kg uva⁻¹ y mg baya⁻¹.

2.4.5 Aspectos fisiológicos y morfológicos de las plantas

Se midió el intercambio gaseoso, y se calcularon las relaciones hídricas en la zona de bajo vigor del ensayo -hilera 6 y 7- por ser la zona dónde eran más evidentes las diferencias de expresión vegetativa entre los tratamientos. Las mediciones se realizaron en dos días (hilera 7, día 14/12/07; hilera 6, 20/12/07).

Intercambio gaseoso: En una de las plantas correspondientes a la unidad de medición se midió la fotosíntesis neta (A ; $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), la transpiración (E ; $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y la conductancia estomática (g_s ; $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) con un analizador de gases infra-rojo (CIRAS-2 PP Systems, Hertfordshire, R. U.) de círculo abierto, con una cubeta automática universal de hoja, con un área de $2,5 \text{ cm}^2$ (PLC6 (U) CRS121, PP Systems, Hertfordshire, R. U.). Para ello, se realizó un recorrido por la hilera desde preamanecer hasta mediodía (13 h.). Las hojas medidas fueron las del tercio superior del sarmiento, perfectamente expandidas. Luego, se calculó la A y la E de la planta entera multiplicando por la SFT de cada planta. La fotosíntesis neta máxima (A_{max}) se consideró como aquellos valores de A cuando la radiación foto-

sintéticamente activa (PAR) fue mayor a $800 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y la temperatura de la hoja entre 25 - 35°C.

Relaciones hídricas:

Potencial hídrico foliar: Durante el ciclo vegetativo de la primera temporada se midió una vez por semana el potencial hídrico foliar de mediodía (Ψ_{LMD}) con cámara de presión (4P, Biocontrol, Buenos Aires, Argentina). Las mediciones se realizaron en una de las plantas correspondientes a la unidad de medición, en hojas pertenecientes al tercio superior del sarmiento. Durante un día (22/01/07) se midió el potencial hídrico foliar (Ψ_L), desde preamanecer hasta las 17 h, midiendo a intervalos de dos horas, para obtener una curva diaria del Ψ_L . Las mediciones se realizaron en una de las plantas correspondientes a la unidad de medición.

Eficiencia en el uso del agua: Se calculó la eficiencia en el uso del agua fotosintética (EUA_{fot}), considerando el rango de A_{max} , con el cociente entre la A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y la E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). También se calculó la eficiencia en el uso del agua con respecto a los rendimientos (EUA) como la relación entre el rendimiento de uva (kg planta^{-1}) y la E diaria ($\text{mmol H}_2\text{O planta}^{-1} \text{ s}^{-1}$).

Conductancia hidráulica máxima de las plantas: Una vez que se midió el intercambio gaseoso en la zona de bajo vigor, la misma hoja fue cortada para medir el Ψ_L con la cámara de presión. Con las mediciones de E y Ψ_L se realizaron curvas de regresión lineal para cada portainjerto entre Ψ_L y E , y se calculó la conductancia hidráulica foliar específica (k_L ; $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$) como la recíproca de la pendiente de la ecuación 2, correspondiente al modelo de Darcy (ver Introducción, apartado Relaciones hídricas):

$$\Psi_L = \Psi_{\text{suelo}} - \frac{1}{k_L} * E \quad \text{Ecuación 2}$$

donde: Ψ_{suelo} se considera la ordenada al origen del modelo y E variable entre preamanecer y mediodía.

Luego se calculó la conductancia hidráulica máxima de la planta entera (k_H) multiplicando k_L por la SFT.

Las mediciones se realizaron en las primeras horas de la mañana cuando los estomas estaban abiertos. La k_L mide la conductancia teniendo en cuenta el aspecto morfológico (cantidad y diámetro de los vasos xilemáticos) y no la apertura estomática.

Distribución y densidad de raíces: Para analizar la distribución y densidad de raíces se utilizó el método de la cuadrícula propuesto por Bohm (Smart *et al.*, 2006). Para ello se realizaron dos calicatas por portainjerto. Las mismas se hicieron en forma de L, quedando una pared paralela y otra perpendicular a la línea de plantación, a una distancia de 0,1 m desde el tronco (Figura 5). La dimensión de las calicatas fue de 1 m x 1 m, y la profundidad fue de 1 m. En la pared a analizar, luego de remover una pequeña capa de tierra para descubrir las raíces, se colocó una grilla cuadrada formada por nueve cuadrados de 10 cm x 10 cm cada uno. De esta manera se contó la cantidad de raíces dentro de cada cuadrado, diferenciándolas por cinco clases diametrales (0-1 mm; 1-2 mm; 2-4 mm; 4-6 mm; > a 6 mm). Luego se calculó el número de raíces totales y de cada clase diametral por m². Para analizar la distribución se dividió el perfil en tres estratos (0-30, 30-60 y 60-90 cm) y se calculó el porcentaje de raíces totales y de cada clase diametral en cada estrato.

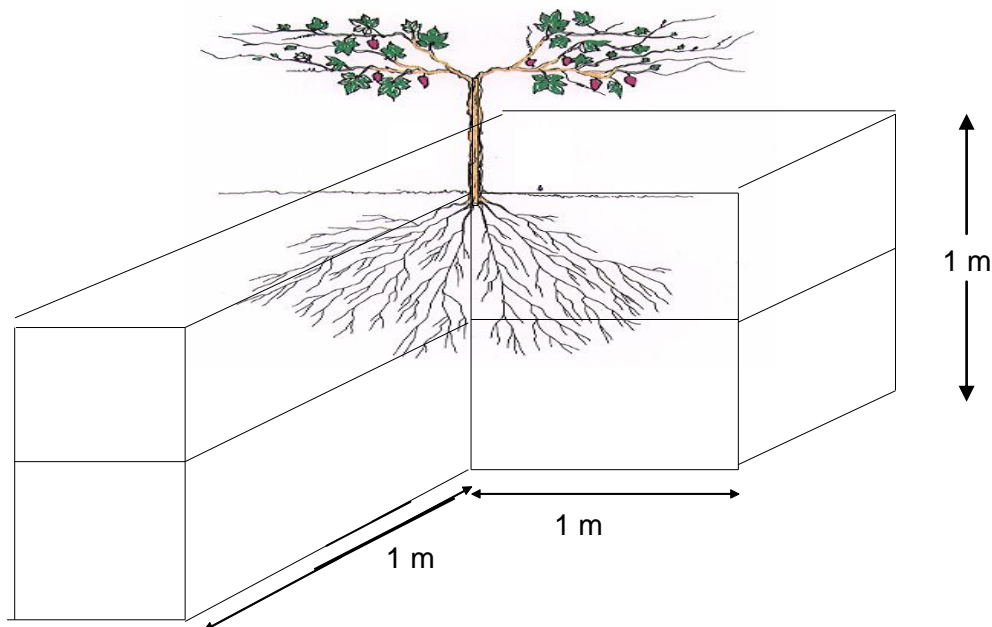


Figura 5: Esquema de las calicatas realizadas en el ensayo de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco.

Figure 5: Picture of the trenches made in the trial of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots.

Contenido peciolar de nutrientes: Se realizó un análisis peciolar de macro (N, P, K, Ca, Mg) y micronutrientos (Fe, Cu, Zn, Mn) en envero. Para ello se identificaron dos zonas contrastantes de expresión vegetativa, según el PP, y se muestrearon, dentro de cada zona, dos plantas por tratamiento, extrayendo 30 hojas con su peciolo por planta. Para el análisis de N Total se siguió la metodología propuesta por Kjeldahl. Para analizar el P, el K y los micronutrientos se realizó una extracción clorhídrica de cenizas; el P se determinó por el método colorimétrico de nitrovanado molibdico, y el resto de los macro y micronutrientos se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica.

2.5 Análisis de los datos

En una primera instancia se realizaron para todos los datos numéricos pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianzas con el software estadístico Infostat Profesional v. 2007.

Al encontrarse el diseño desbalanceado en la primera temporada, el análisis estadístico de los datos se realizó mediante el análisis de la varianza con el programa proc mixed del software estadístico SAS (v. 6.12; SAS Institute, Inc.), Cuando se trató de variables no desbalanceadas, las mismas se analizaron mediante el análisis de la varianza con el software estadístico Statgraphics Plus for Windows v.4.0. Las pruebas de diferencia de medias se realizaron mediante el test de Tukey con un nivel de confianza del 95%. En algunos casos, cuando fue necesario, se analizaron diferencias significativas marginales (90% de confianza) o se realizaron las pruebas de diferencia de medias con el test LSD (95%).

Expresión vegetativa, vigor y rendimiento de uva: Se realizaron gráficos de barras con los valores promedios de las variables con el programa Excel (Microsoft, Windows XP) y análisis de componentes principales con el software Statgraphics Plus for Windows v.4.0. para las variables vegetativas y reproductivas de las plantas. Con los datos de PP se realizaron mapas de expresión vegetativa con el software Surfer (Win32) v.6.01., restando el efecto genotipo para poder observar la expresión propia del ambiente. Para seguir la evolución del crecimiento de los brotes se utilizó el software Infostat Profesional v. 2007, donde se realizaron regresiones no lineales utilizando el modelo de Gompertz, para ajustar curvas de crecimiento (Ecuación 3):

$$\text{Longitud brote (cm)} = \partial * \exp(-\beta * \exp(-\varphi * \text{Días})) \quad \text{Ecuación 3}$$

donde: ∂ es el valor máximo de Y, β el valor de la pendiente, y φ el tiempo que tarda en alcanzar la fase exponencial. Utilizando el modelo se pudo graficar una curva de crecimiento del brote para cada portainjerto en función del tiempo. Se obtuvieron los estimadores ∂ , β y φ para cada unidad de medición y se realizó un análisis de la varianza para determinar si existían diferencias significativas entre los estimadores de cada portainjerto.

Aspectos fisiológicos y morfológicos de las plantas: Para analizar los datos de A, E, g_s , y de EUA se analizaron en conjunto las dos hileras (6 y 7), considerando los valores que estuvieron dentro del rango de (A_{\max}). Para evaluar diferencias en la evolución del Ψ_{LMD} durante el ciclo vegetativo y la evolución diaria del Ψ_L entre portainjertos, se realizaron análisis de la varianza multivariados con el software Infostat Profesional v.2007.

Para calcular la conductancia hidráulica máxima de las plantas se realizaron curvas de regresión lineal con los datos de E y Ψ_L con el software Statgraphics Plus for Windows v.4.0. Para obtener un ajuste de la k_L máxima, en cada portainjerto se realizó un análisis de los residuos, eliminando los últimos puntos cuando escapaban al modelo lineal.

Para analizar la distribución y densidad de raíces de cada calicata se realizaron mapeos con el software Surfer (Win32) v.6.01.

3. RESULTADOS

3.1 Aspectos vegetativos y reproductivos de las plantas

3.1.1 Expresión vegetativa, vigor y rendimiento de uva

Se analizaron las variables superficie foliar total (SFT; m^2 planta⁻¹), peso de poda (PP; kg planta⁻¹), rendimiento de uva (kg planta⁻¹), relación producción de uva/PP (Índice de Ravaz; IR) y número de raíces totales (nº raíces totales m^{-2}) para conocer el comportamiento vegetativo y reproductivo de las plantas obtenidas con cada portainjerto. La SFT de Franco, Cereza, 3309 C, 1103 P y SO4 fue mayor que la de Harmony. La SFT de 140 Ru fue igual que la de SO4 y Harmony, y menor que la del resto de los portainjertos (Tabla 3). El PP de Franco, Cereza, 3309 C, 1103 P y SO4 fue mayor que el de Harmony. El PP de 140 Ru se igualó al de 1103 P, SO4 y Harmony, y fue menor que el de Franco, Cereza y 3309 C. El rendimiento por planta de 1103 P y SO4 fue mayor que el de Harmony; el resto de los portainjertos tuvo un rendimiento intermedio. El IR de 140 Ru fue mayor que el de Franco, Cereza y 3309 C, y no se diferenció del resto de los portainjertos. El IR fue bajo en todos los tratamientos debido a que no se realizaron podas en verde que limitaran el crecimiento vegetativo. El número de raíces totales de 140 Ru fue mayor que el de 1103 P, SO4 y Harmony. El número de raíces de SO4 fue, a su vez, menor que el de Franco y 3309 C, y el de 1103 P fue menor que el de 3309 C (Tabla 3).

Tabla 3: Variables vegetativas, reproductivas y de equilibrio de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Valores promedio. n = 6. Temporada 2006-2007.

Table 3: Vegetative and reproductive variables of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Mean values. n = 6. Season 2006-2007.

Pie	SFT (m^2 pl ⁻¹)	Peso de poda (kg pl ⁻¹)	Rendimiento (kg pl ⁻¹)	Índice de Ravaz	Nº raíces totales m^{-2}
Franco	7,70 a	1,48 a	1,95 ab	1,28 bc	684 abc
Cereza	8,59 a	1,65 a	1,90 ab	1,23 bc	676 abcd
3309 C	7,12 a	1,37 a	1,56 ab	1,11 c	708 ab
1103 P	7,11 a	1,32 ab	2,70 a	2,12 ab	564 cd
SO4	6,91 ab	1,25 ab	2,53 a	1,93 abc	549 d
140 Ru	5,17 bc	0,91 bc	2,36 ab	2,35 a	762 a
Harmony	4,49 c	0,79 c	1,29 b	1,79 abc	578 bcd
Valor p	0,0001	0,0001	0,0052	0,0003	0,0417

Letras distintas indican diferencias significativas en el test de Tukey para $p < 0,05$.
Nº raíces totales m^{-2} test LSD para $p < 0,05$.

Different letters denote a significant difference by Tukey's test at $p < 0,05$.
Nº total roots m^{-2} test LSD at $p < 0,05$.

En la figura 6 se representan las mismas variables permitiendo una visualización de la repartición de biomasa producida por cada portainjerto. Los portainjertos Franco, Cereza y 3309 C tuvieron una mayor producción de hoja y madera comparando con 140 Ru quién tuvo un mayor rendimiento de uva y un mayor número de raíces. Los portainjertos 1103 P y SO4 se encontraron en situaciones intermedias de expresión vegetativa y vigor. Las plantas obtenidas con Harmony se caracterizaron por ser más chicas que el resto con valores menores en casi todas las variables.

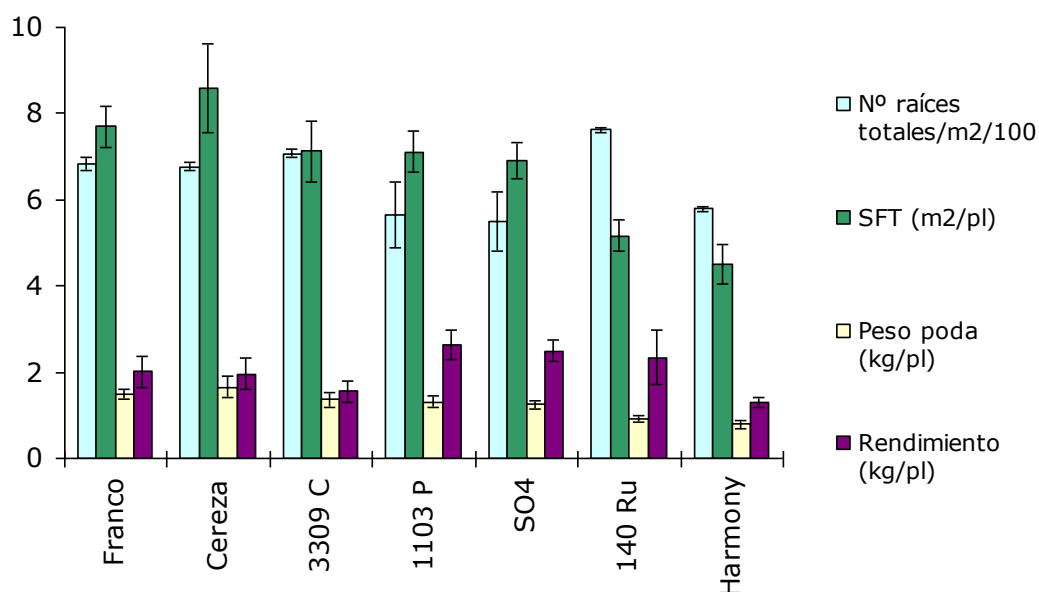


Figura 6: Repartición de biomasa de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Las barras indican los errores estándares. $n = 6$. Temporada 2006-2007.

Figure 6: Biomass distribution of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Vertical bars represent the standard error. $n = 6$. Season 2006-2007.

Se pudieron resumir los aspectos vegetativos y reproductivos más destacados de los distintos portainjertos mediante un análisis de componentes principales. Se distinguieron dos componentes que explicaron el 87% de la variabilidad total (Figura 7). El componente 1 (63% de la variabilidad), representó la expresión vegetativa y el vigor de la planta y se compuso por las variables SFT, PP, longitud total de los brotes (cm planta^{-1}), peso medio del sarmiento (kg brote^{-1}) y por la relación entre SFT y peso del racimo ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$). El componente 2 (24% de la variabilidad), representó el rendimiento de la planta y se compuso por las variables rendimiento e Índice de Ravaz.

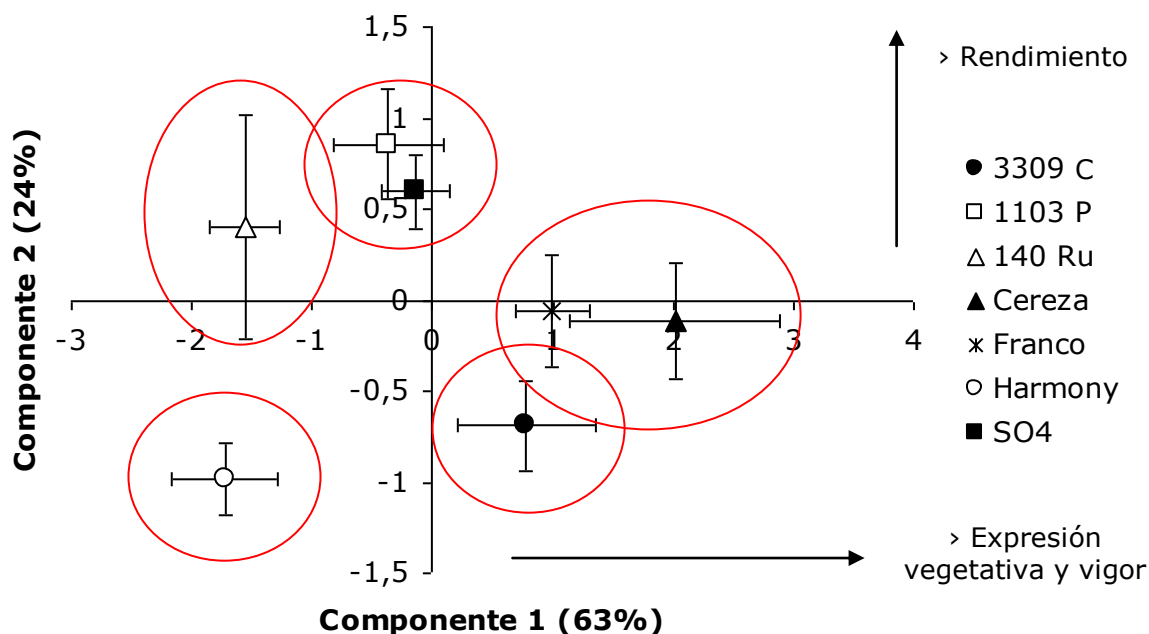


Figura 7: Análisis de componentes principales para las variables vegetativas y reproductivas de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Las flechas indican los principales gradientes. Las barras indican los errores estándares. n = 6. Temporada 2006-2007.

Figure 7: Principal components for vegetative and reproductive variables of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. The arrows indicate the principal gradients. Bars represent the standard error. n = 6. Season 2006-2007.

Se distinguieron cinco grupos de portainjertos según su comportamiento vegetativo y reproductivo, Franco y Cereza de alta expresión vegetativa y rendimiento promedio, 3309 C de alta expresión vegetativa y rendimiento por debajo del promedio, SO4 y 1103 P de alto rendimiento y expresión vegetativa promedio, 140 Ru de alto rendimiento y baja expresión vegetativa y Harmony de bajo rendimiento y baja expresión vegetativa (Figura 6). Los portainjertos 140 Ru, 1103 P y SO4 tuvieron una mayor tendencia hacia lo reproductivo (mayor IR) y Franco, Cereza y 3309 C hacia lo vegetativo, encontrándose Harmony en una situación intermedia (Tabla 3).

Las diferencias relativas de las variables anteriores, comparando cada portainjerto con pie Franco, muestran que la expresión vegetativa de Cereza fue la única que se encontró por encima (Figura 8). Los portainjertos 1103 P, SO4 y 140 Ru tuvieron mayores rendimientos, dentro de los cuáles, 1103 P y SO4 fueron más vegetativos y 140 Ru tuvo un mayor desarrollo de raíces. Los portainjertos que tuvieron menores rendimientos fueron 3309 C y Harmony, teniendo 3309 C más raíces y siendo Harmony menor en el resto de las variables.

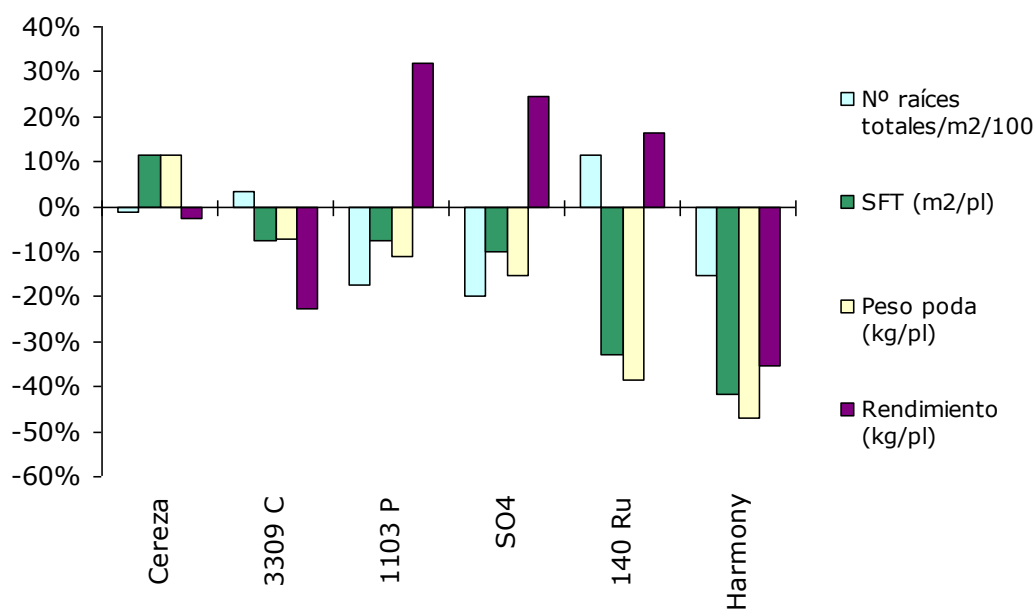


Figura 8: Diferencias relativas de las variables vegetativas y reproductivas de cada portainjerto comprado con pie Franco. n = 6. Temporada 2006-2007.

Figure 8: Relative variation of the vegetative and reproductive variables of each rootstock compare with own roots. n = 6. Season 2006-2007.

El crecimiento de los brotes de los distintos portainjertos se ajustó a una curva de crecimiento de Gompertz ($Y = \partial \cdot \exp(-\beta \cdot \exp(-\phi \cdot \text{día}))$) con un coeficiente de determinación de $R^2 = 75$ a $R^2 = 82$ %. La velocidad de crecimiento de los brotes, representada por el parámetro β , fue mayor en 1103 P que en Franco (mayor pendiente), encontrándose el resto de los portainjertos en una situación intermedia. Al final del período de crecimiento el pie Franco alcanzó una longitud del brote mayor, representado por el parámetro ∂ , que la de 140 Ru, obteniendo el resto de los portainjertos una longitud intermedia (Figura 9).

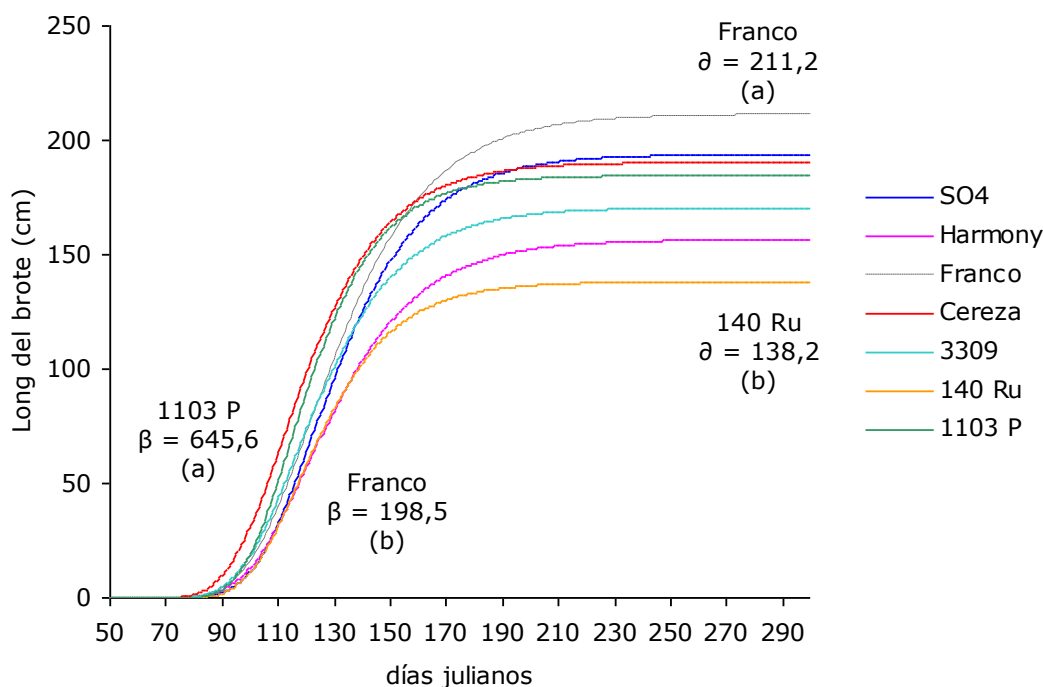


Figura 9: Curva de crecimiento de brotes de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco ($Y = \partial \cdot \exp(-\beta \cdot \exp(-\varphi \cdot \text{día}))$). ∂ expresa el valor máximo de Y ; β expresa la pendiente. Se indican los valores de los parámetros. Letras distintas indican diferencias significativas en el test de Tukey para $p < 0,05$. $n = 6$. Temporada 2006-2007.

Figure 9: Shoot growth of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots ($Y = \partial \cdot \exp(-\beta \cdot \exp(-\varphi \cdot \text{día}))$). ∂ represent the maximum value of Y ; β represent the slope. Values of the parameters are indicated. Different letters denote a significant difference by Tukey's test at $p < 0,05$. $n = 6$. Season 2006-2007.

En relación a los estadios fenológicos, las diferencias entre portainjertos no fueron mayores a los 2 días (datos no mostrados).

3.1.2 Componentes del rendimiento y composición de la uva

En cuanto a los componentes del rendimiento, los menores rendimientos de Harmony pudieron explicarse por un menor número de brotes por planta comparado con 1103 P y SO4, un menor peso del racimo que 1103 P y bayas de menor peso que Cereza (Tabla 4). Los mayores rendimientos de 1103 P y SO4 se explicaron por un mayor número de brotes por planta y un mayor peso del racimo. El diámetro promedio de la baya de Franco, Cereza, 1103 P, y SO4 fue mayor que el de Harmony. Las bayas de Cereza fueron mayores que las de 3309 C, 140 Ru y Harmony.

Tabla 4: Componentes del rendimiento y diámetro promedio de las bayas de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Valores promedio. n = 6. Temporada 2006-2007.

Table 4: Yield components and mean berry diameter of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Mean values. n = 6. Season 2006-2007.

Pie	Nº brotes planta ⁻¹	Nº racimos brote ⁻¹	Peso medio del racimo (g)	Nº bayas racimo ⁻¹	Peso medio de la baya (g)	Diámetro baya (mm)
Franco	18,64 ab	1,49 a	114,26 ab	59,92 a	1,90 ab	13,09 ab
Cereza	19,00 ab	1,52 a	110,33 ab	57,16 a	1,96 a	13,36 a
3309 C	18,28 ab	1,58 a	96,54 ab	51,65 a	1,87 ab	12,84 bc
1103 P	20,64 a	1,53 a	147,18 a	76,72 a	1,91 ab	13,01 ab
SO4	20,14 a	1,71 a	128,67 ab	66,26 a	1,94 ab	13,08 ab
140 Ru	17,28 ab	1,57 a	129,61 ab	70,25 a	1,82 ab	12,74 bc
Harmony	16,50 b	1,57 a	90,09 b	51,12 a	1,75 b	12,57 c
Valor p	0,0091	0,6240	0,0201	0,0560	0,0460	0,0001

Letras distintas indican diferencias significativas en el test de Tukey para $p < 0,05$.

Different letters denote a significant difference by Tukey's test at $p < 0,05$.

No se encontraron diferencias significativas entre los portainjertos en fenoles totales, antocianos, catequinas y taninos en mg kg uva⁻¹ (Tabla 5), ni en mg baya⁻¹ (valores no mostrados). Los Brix de Cereza fueron menores que los de 3309 C y 140 Ru. El pH no tuvo diferencias entre los portainjertos.

Tabla 5: Características químicas de uvas Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Valores promedio. n = 6. Temporada 2006-2007.

Table 5: Chemical characteristics of the grape of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Mean values. n = 6. Season 2006-2007.

Pie	Brix	pH	Antocianos (mg kg uva ⁻¹)	Catequinas (mg kg uva ⁻¹)	Taninos (mg kg uva ⁻¹)	Fenoles totales (IPT)
Franco	23,5 ab	3,76 a	831 a	554 a	5447 a	43 a
Cereza	23,1 b	3,77 a	752 a	533 a	4715 a	40 a
3309 C	24,0 a	3,87 a	892 a	585 a	5003 a	44 a
1103 P	23,5 ab	3,80 a	788 a	504 a	4659 a	41 a
SO4	23,9 ab	3,76 a	839 a	580 a	5126 a	43 a
140 Ru	24,1 a	3,89 a	844 a	527 a	4577 a	43 a
Harmony	23,8 ab	3,84 a	808 a	588 a	5516 a	47 a
Valor p	0,0123	0,1068	0,0745	0,2822	0,3169	0,1535

Letras distintas indican diferencias significativas en el test de Tukey para $p < 0,05$.

Different letters denote a significant difference by Tukey's test at $p < 0,05$.

Se encontró una diferencia significativa en la relación hollejo-uva entre Harmony y 1103 P (90,83 y 78,16 g hollejo kg de uva⁻¹ respectivamente; valor $p \leq 0,001$), encontrándose el resto de los portainjertos en una situación intermedia.

3.1.3 Relación entre parte aérea y radical

Cuando no se tuvo en cuenta a 140 Ru se observó una correlación entre el rendimiento y el número de raíces totales con un coeficiente R de Pearson de -0,71 (valor $p = 0,0092$; Figura 10). Cuando se tomó en cuenta a 140 Ru la correlación entre rendimiento y raíces no fue significativa (valor $p = 0,0571$), lo que indica que este portainjerto tiene una tendencia a desarrollar más sus raíces independientemente de la capacidad de la planta. No se encontró correlación al relacionar por separado las variables PP y SFT con el número de raíces totales (valor $p = 0,8446$ y $0,9452$ respectivamente).

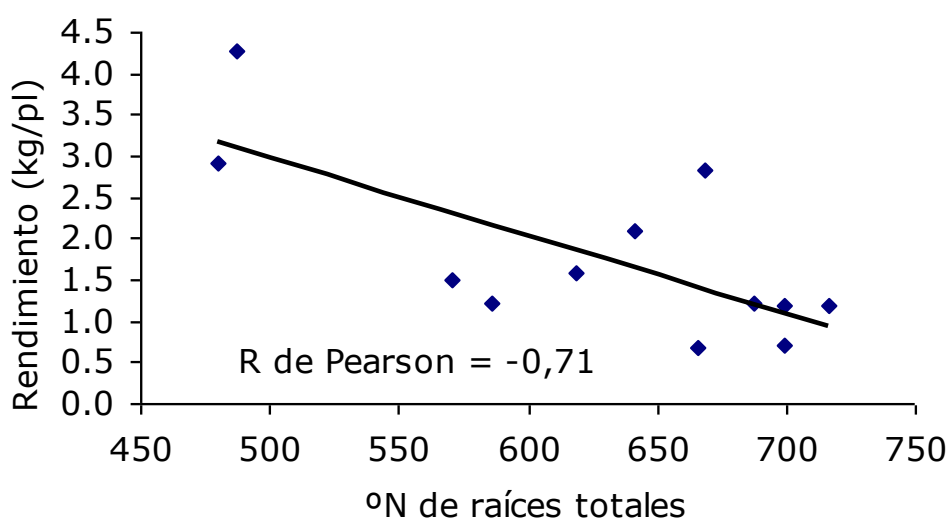


Figura 10: Relación entre rendimiento y número de raíces totales de Malbec sobre cinco portainjertos de vid y a pie Franco. Sin 140 Ru. $n = 2$. Temporada 2007-2008.

Figure 10: Relationship between yield and total roots number for Malbec on five grapevine rootstocks and on own roots. Without 140 Ru. $n = 2$. Season 2007-2008.

En la segunda temporada (2007-2008), los resultados de las variables relacionadas a la expresión vegetativa, el vigor, el rendimiento, la composición de la uva y la fenología de las plantas (datos no mostrados) expresaron las mismas diferencias entre los portainjertos que los observados en la primera temporada, exceptuando 3309 C que tuvo una expresión vegetativa menor en la segunda temporada, similar a la de 140 Ru.

3.2 Aspectos fisiológicos y morfológicos de las plantas

3.2.1 Intercambio gaseoso

Al medir el intercambio gaseoso no se encontraron diferencias significativas en la fotosíntesis neta máxima (A_{\max}), transpiración (E) y conductancia estomática (g_s) por unidad de superficie (m^2 ; Tabla 6). Sí se encontraron diferencias en estas variables cuando fueron expresadas en términos de la planta entera. La A_{\max} de Franco, 1103 P y SO4 fue mayor que la de Harmony, encontrándose el resto de los portainjertos en una situación intermedia. La E de la planta entera de Franco fue mayor que la de 3309 C, 140 Ru y Harmony. La E de SO4 fue mayor que la de 140 Ru y Harmony (Tabla 6). Debe tenerse en cuenta que estos resultados se refieren a la zona de bajo vigor del ensayo donde las diferencias entre la expresión vegetativa de los portainjertos eran más evidentes.

Tabla 6: Fotosíntesis neta máxima (A_{\max}), transpiración (E) y conductancia estomática (g_s) por unidad de superficie y de la planta entera de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Zona de bajo vigor. Valores promedio. n = 13. Temporada 2007-2008.

Table 6: Net photosynthesis (A_{\max}), transpiration (E) and stomatal conductance (g_s) for m^{-2} and whole plant of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Low vigour zone. Mean values. n = 13. Season 2006-2007.

Pie	A_{\max} $\mu\text{mol CO}_2$ $m^{-2} s^{-1}$	E $\text{mmol H}_2\text{O}$ $m^{-2} s^{-1}$	g_s $\text{mmol H}_2\text{O}$ $m^{-2} s^{-1}$	A_{\max} $\mu\text{mol CO}_2 s^{-1}$	E $\text{mmol H}_2\text{O s}^{-1}$
Franco	6,91 a	3,93 a	137,23 a	66,67 a	37,38 a
Cereza	8,15 a	4,17 a	172,38 a	58,07 ab	29,63 abc
3309 C	7,69 a	4,24 a	162,85 a	43,04 ab	24,16 bc
1103 P	8,01 a	4,27 a	158,23 a	59,75 a	31,91 abc
SO4	7,08 a	3,95 a	134,85 a	60,28 a	33,95 ab
140 Ru	8,96 a	4,36 a	175,46 a	42,72 ab	21,15 c
Harmony	7,23 a	4,04 a	161,15 a	33,76 b	19,52 c
Valor p	0,4734	0,9705	0,4781	0,0005	0,0001

Letras distintas indican diferencias significativas en el test de Tukey para $p < 0,05$

Different letters denote a significant difference by Tukey's test at $p < 0,05$.

3.2.2 Relaciones hídricas

3.2.2.1 Potencial hídrico foliar

La evolución del potencial hídrico foliar de mediodía (Ψ_{LMD}) durante el ciclo vegetativo no mostró diferencias significativas entre los portainjertos (Figura 11).

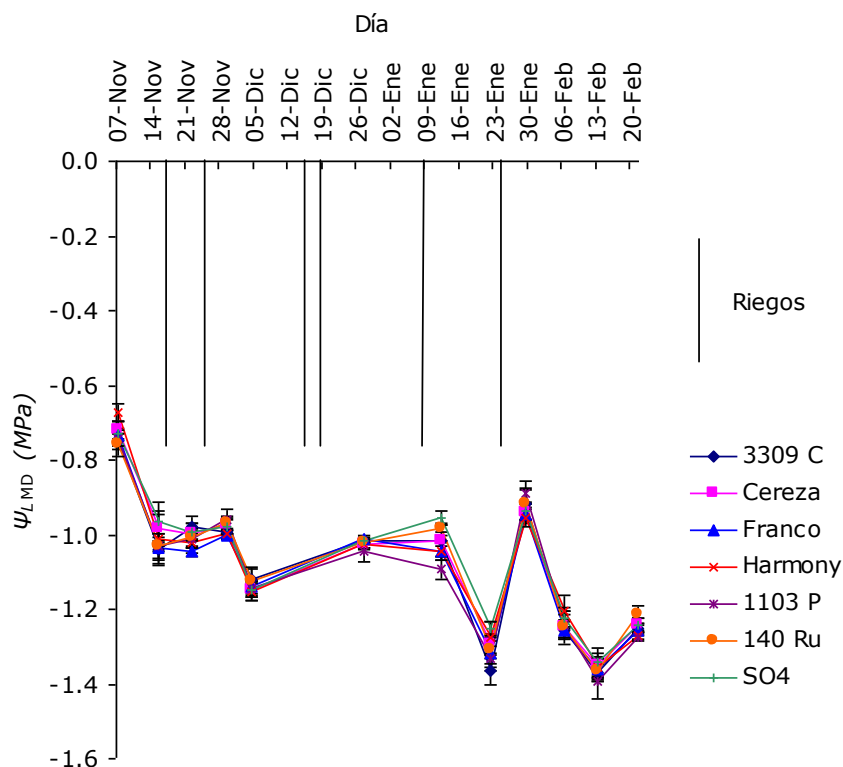


Figura 11: Evolución del potencial hídrico foliar de mediodía (Ψ_{LMD}) durante el ciclo vegetativo de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Valores promedios. Las barras indican los errores estándares. n = 6. Temporada 2006-2007.

Figure 11: Midday leaf water potential (Ψ_{LMD}) evolution of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Mean values. Vertical bars represent the standard error. n = 6. Season 2006-2007

La evolución diaria del potencial hídrico foliar (ψ_L) tampoco mostró diferencias significativas entre los portainjertos (Figura 12).

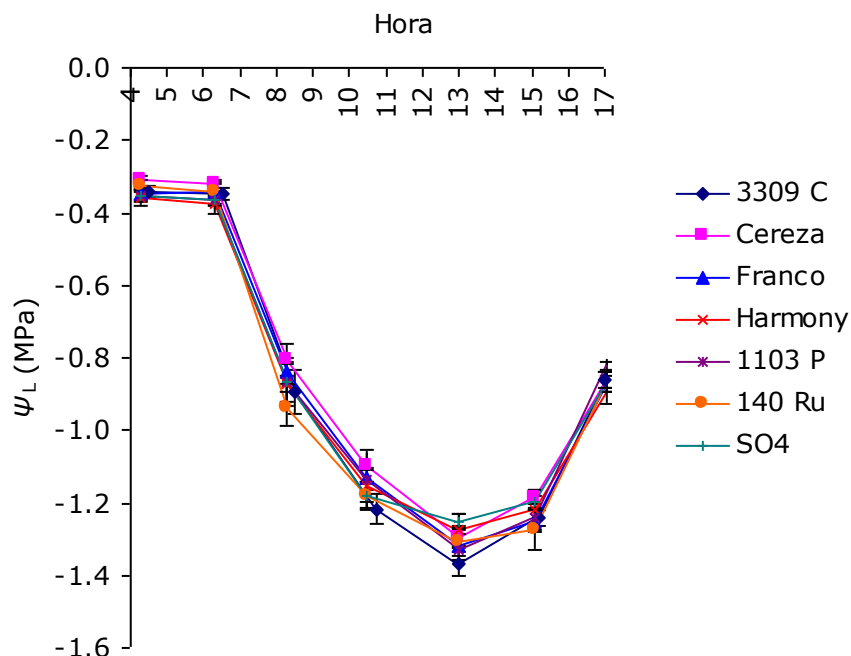


Figura 12: Evolución diaria del potencial hídrico foliar (ψ_L) de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Valores promedios. Las barras indican los errores estándares. $n = 6$. Día 22/01/07.

Figure 12: Water leaf potential (ψ_L) evolution of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Mean values. Vertical bars represent the standard error. $n = 6$. Day 22/01/07.

Cuando se midió la evolución diaria del ψ_L en el sector de bajo vigor únicamente (hileras 6 y 7) sí se observó que plantas injertadas sobre Harmony fueron siempre las más estresadas (Figuras 13 y 14). Franco y Cereza en general se comportaron como las menos estresadas.

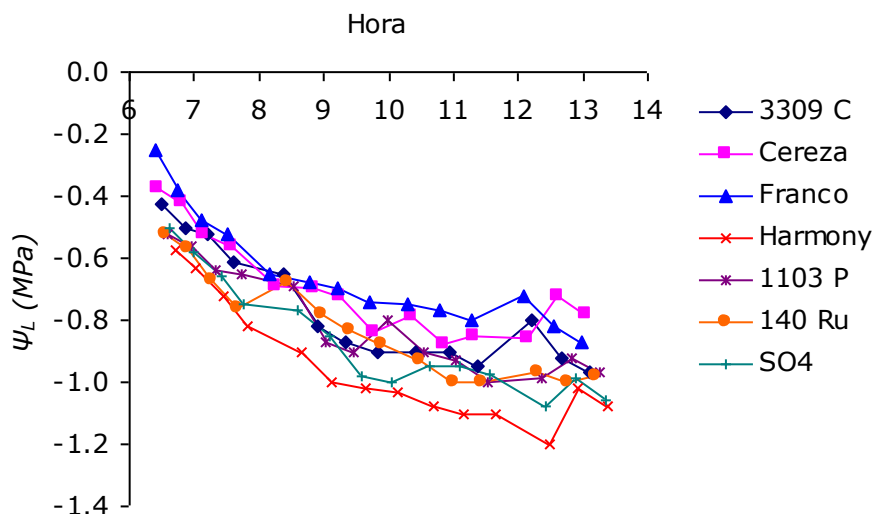


Figura 13: Evolución diaria del potencial hídrico foliar (Ψ_L) de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Zona de bajo vigor, hilera 7, día 14/12/07.

Figure 13: Daily water leaf potential (Ψ_L) evolution of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Low vigour zone, row 7, day 14/12/07.

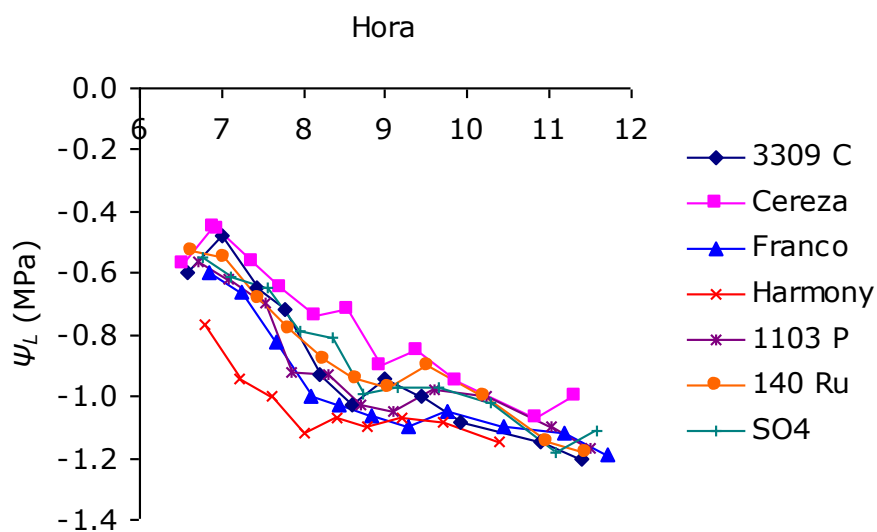


Figura 14: Evolución diaria del potencial hídrico foliar (Ψ_L) de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Zona de bajo vigor, hilera 6, día 20/12/07.

Figure 14: Daily water leaf potential (Ψ_L) evolution of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Low vigour zone, row 6, day 20/12/07.

3.2.2.2 Eficiencia en el uso del agua

La eficiencia en el uso del agua fotosintética (EUA_{tot}), cuando la fotosíntesis fue máxima, no tuvo diferencias significativas entre los portainjertos (datos no mostrados).

Si para la eficiencia en el uso del agua se consideran los rendimientos (EUA), conviene analizar lo que ocurrió con los distintos niveles de rendimiento (nivel alto 1103 P y SO4; medio 140 Ru, 3309 C, Cereza y Franco, y bajo Harmony; Figura 15). En el nivel de rendimiento medio se encontraron distintas EUA, siendo 140 Ru y 3309 C más eficientes que Franco y Cereza, ya que, para producir una misma cantidad de uva las primeras transpiraron menos. Considerando todos los niveles 140 Ru, 1103 P, 3309 C y Harmony tuvieron los mayores valores de EUA.

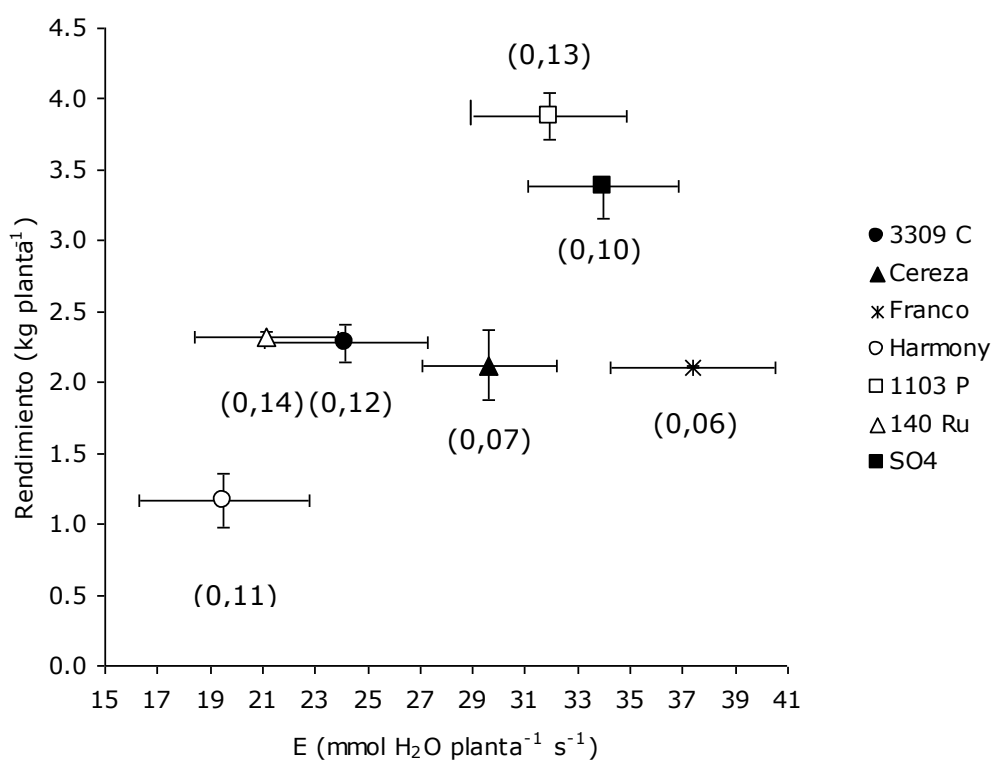


Figura 15: Eficiencia en el uso del agua para el rendimiento de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Zona de bajo vigor. Valores promedio. El valor entre paréntesis representa el cociente entre las variables. Las barras indican los errores estándares. $n = 13$. Temporada 2007-2008.

Figure 15: Water use efficiency for yield of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Low vigour zone. Mean values. Values in parenthesis represent the relation between the variables. Vertical bars represent the standard error. $n = 13$. Season 2006-2007

3.2.2.3 Conductancia hidráulica de las plantas

La conductancia hidráulica foliar específica (k_L) de Harmony fue menor que la de Cereza con una diferencia significativa marginal (valor $p < 0,1$), siendo la k_L del resto de los portainjertos intermedia (Tabla 7). Cuando se calculó la conductancia hidráulica de la planta entera (k_H) se observó que la k_H de Harmony fue menor que la de Franco, Cereza y SO4, el resto de los portainjertos se encontró en una situación intermedia. Se observa que la conductancia de Harmony fue menor independientemente del tamaño de la planta.

Tabla 7: Conductancia hidráulica foliar específica (k_L) y conductancia hidráulica de la planta entera (k_H) de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Valores promedio. $n = 2$. Temporada 2007-2008.

Table 7: Leaf specific hydraulic conductance (k_L) and hydraulic conductance of the entire plant (k_H) of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Mean values. $n = 2$. Season 2006-2007.

Pie	k_L (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹ MPa ⁻¹)		k_H (mmol H ₂ O s ⁻¹ MPa ⁻¹)	
Franco	9,38	ab	91,03	a
Cereza	11,85	a	84,49	a
3309 C	6,85	ab	39,37	ab
1103 P	9,28	ab	69,38	ab
SO4	9,60	ab	84,07	a
140 Ru	10,40	ab	50,55	ab
Harmony	5,24	b	26,62	b
Valor p	0,0833		0,0095	

Letras distintas indican diferencias significativas en el test de Tukey para $p < 0,1$ (k_L) y para $p < 0,05$ (k_H).

Different letters denote a significant difference by Tukey's test at $p < 0,1$ (k_L) and $p < 0,05$ (k_H).

3.2.3 Distribución y densidad de raíces

Como se mencionó anteriormente, se encontraron diferencias significativas en el número de raíces totales entre los portainjertos (Tabla 3; Figura 16). Dentro de la menor clase diametral (0-1 mm), 140 Ru y 3309 C tuvieron un mayor número de raíces que SO4, encontrándose el resto de los portainjertos en una situación intermedia (Tukey, $p < 0,1$; datos no mostrados). No se encontraron diferencias significativas dentro de las restantes clases diametrales entre los portainjertos. En cuanto a la distribución radical, no se encontraron diferencias significativas entre los portainjertos. Para todos los portainjertos la mayor proporción de raíces totales (50,2%) se

encontró en los primeros 30 cm, y fue disminuyendo con la profundidad (28,8% de 30-60 cm; 21% de 60-90 cm). Esto se cumplió para todas las clases diametrales. Si bien numéricamente no se encontraron diferencias, visualmente se pudo observar una distribución más superficial para 140 Ru, Harmony y SO4; por otro lado, los portainjertos Franco, Cereza, 3309 y 1103 P mostraron una distribución más uniforme a lo largo del perfil (Figura 17).

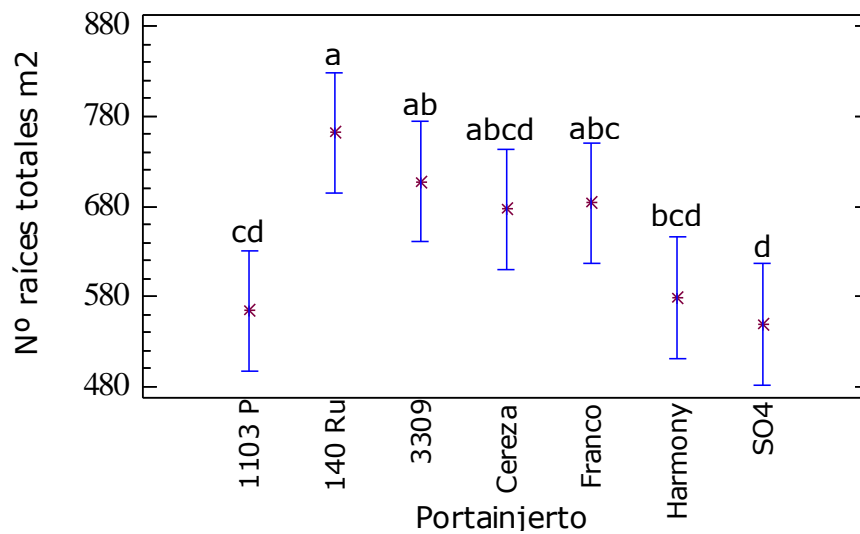
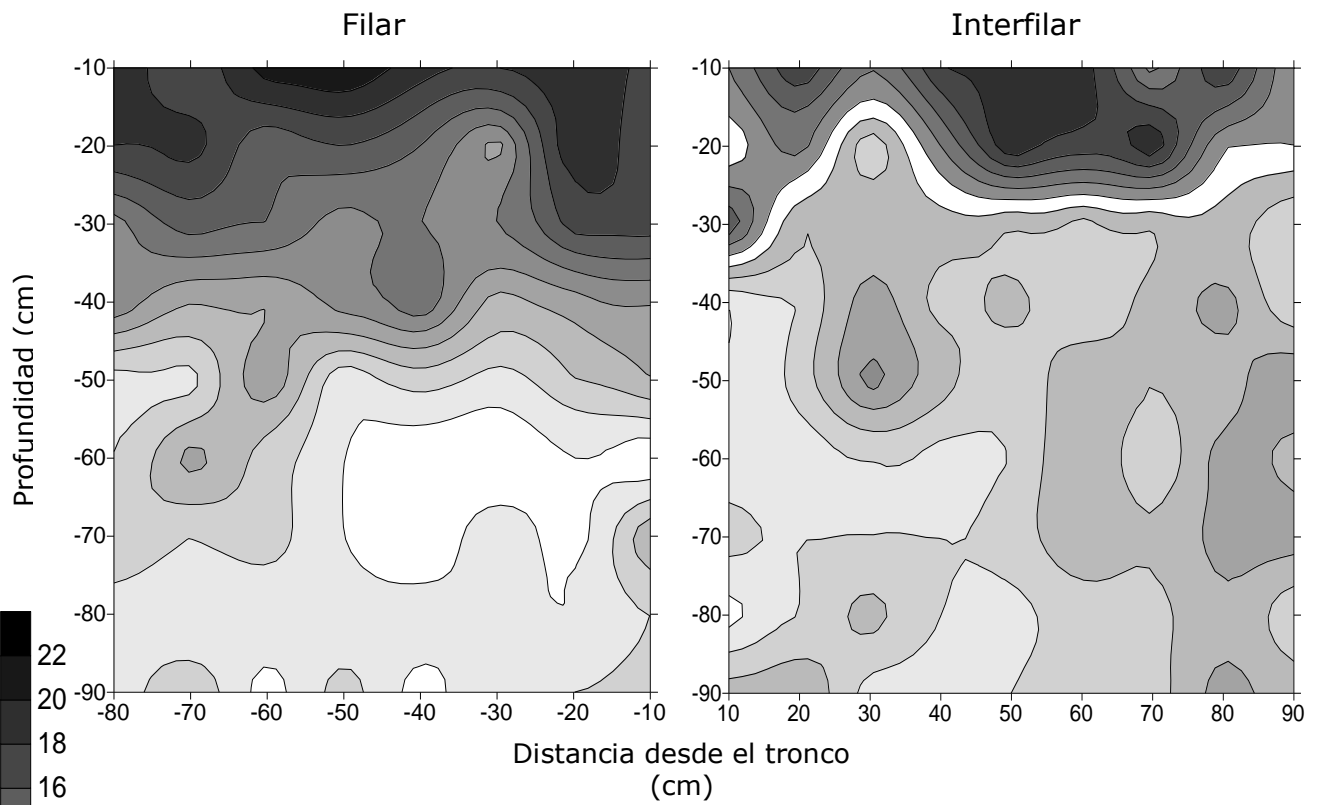
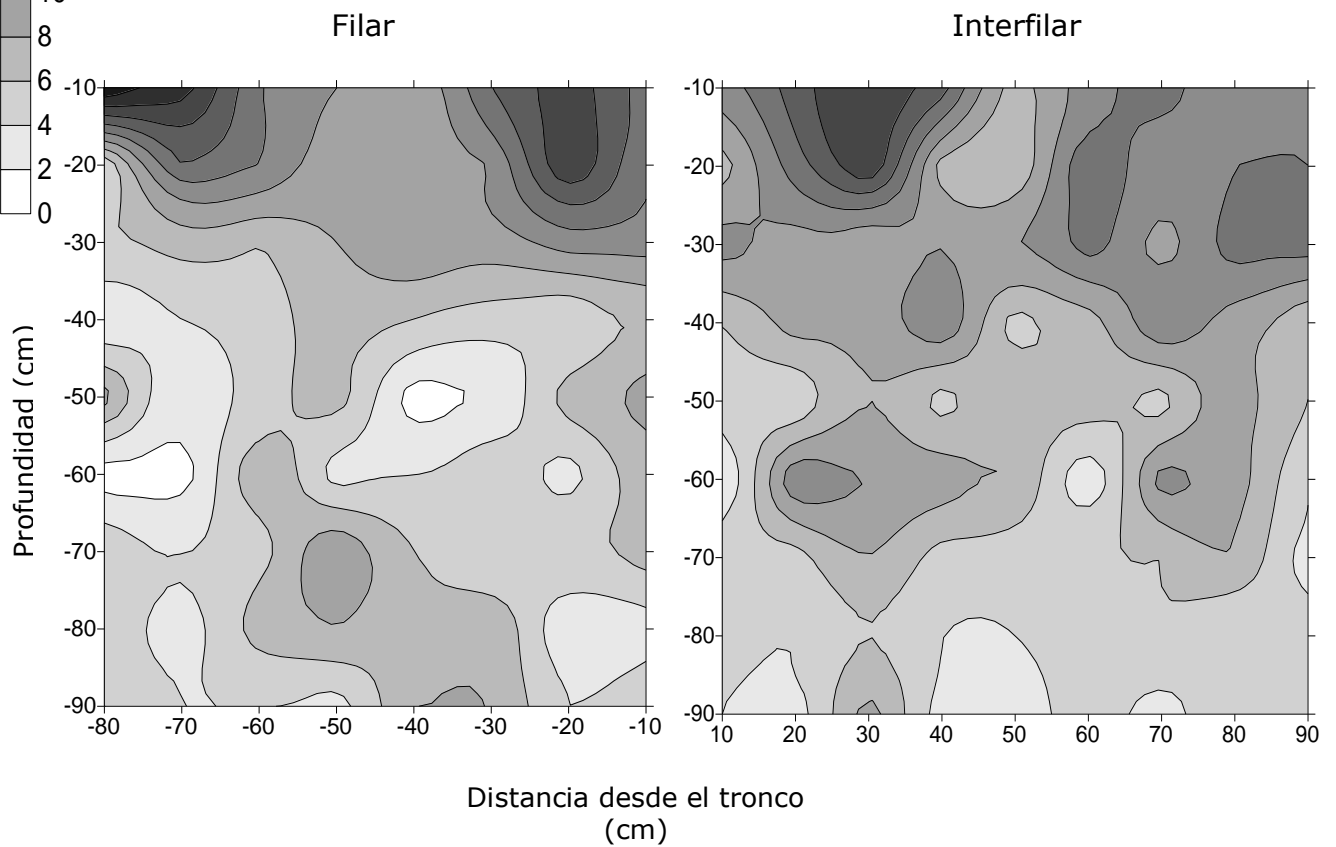


Figura 106: Número de raíces totales de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Valores promedios e intervalos de confianza con un nivel de significancia de 95%. Letras distintas indican diferencias significativas en el test de LSD para $p < 0,05$. $n = 2$. Temporada 2007-2008.

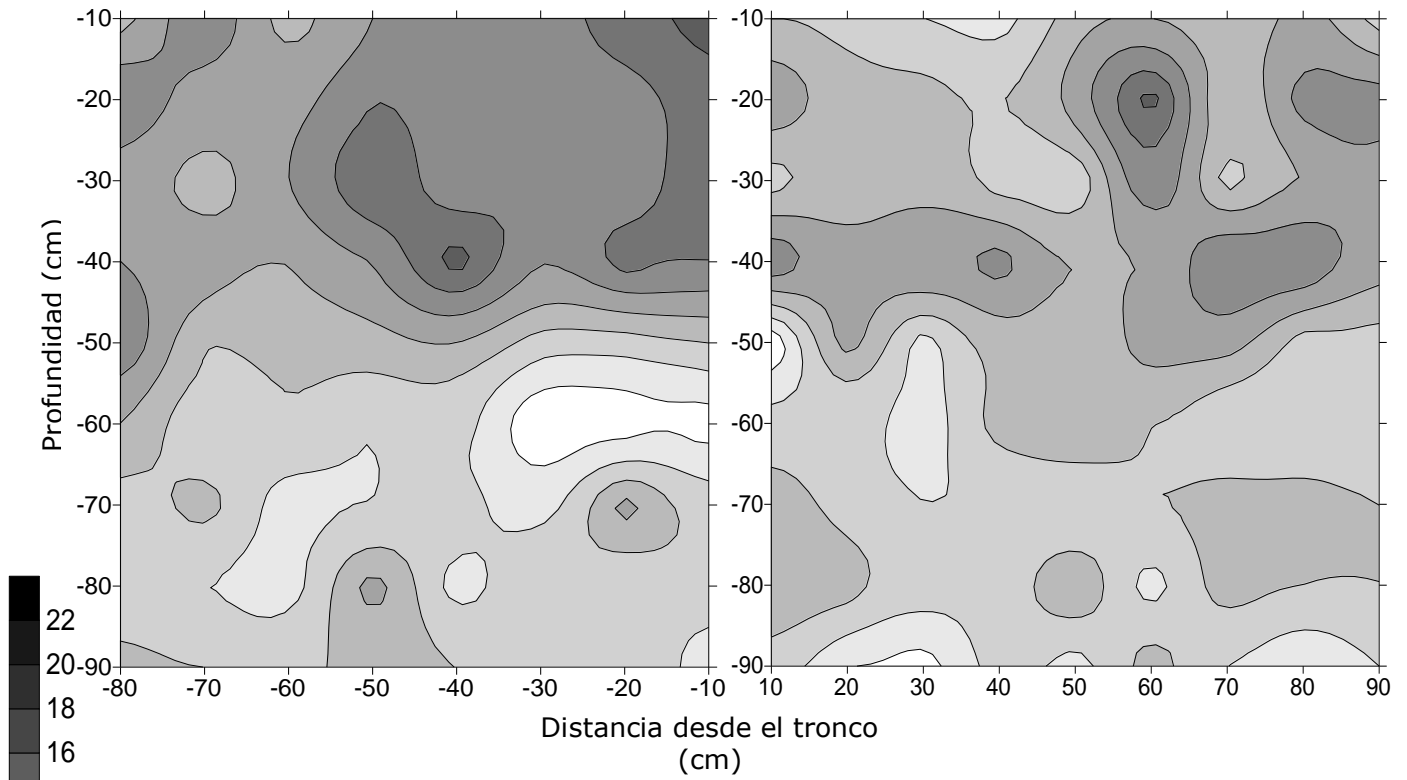
Figure 16: Total roots number for Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Mean values and confidence level (95%). Different letters denote a significant difference by LSD test at $p < 0,05$. $n = 2$. Season 2007-2008.

140 Ru**3309 C**

Franco

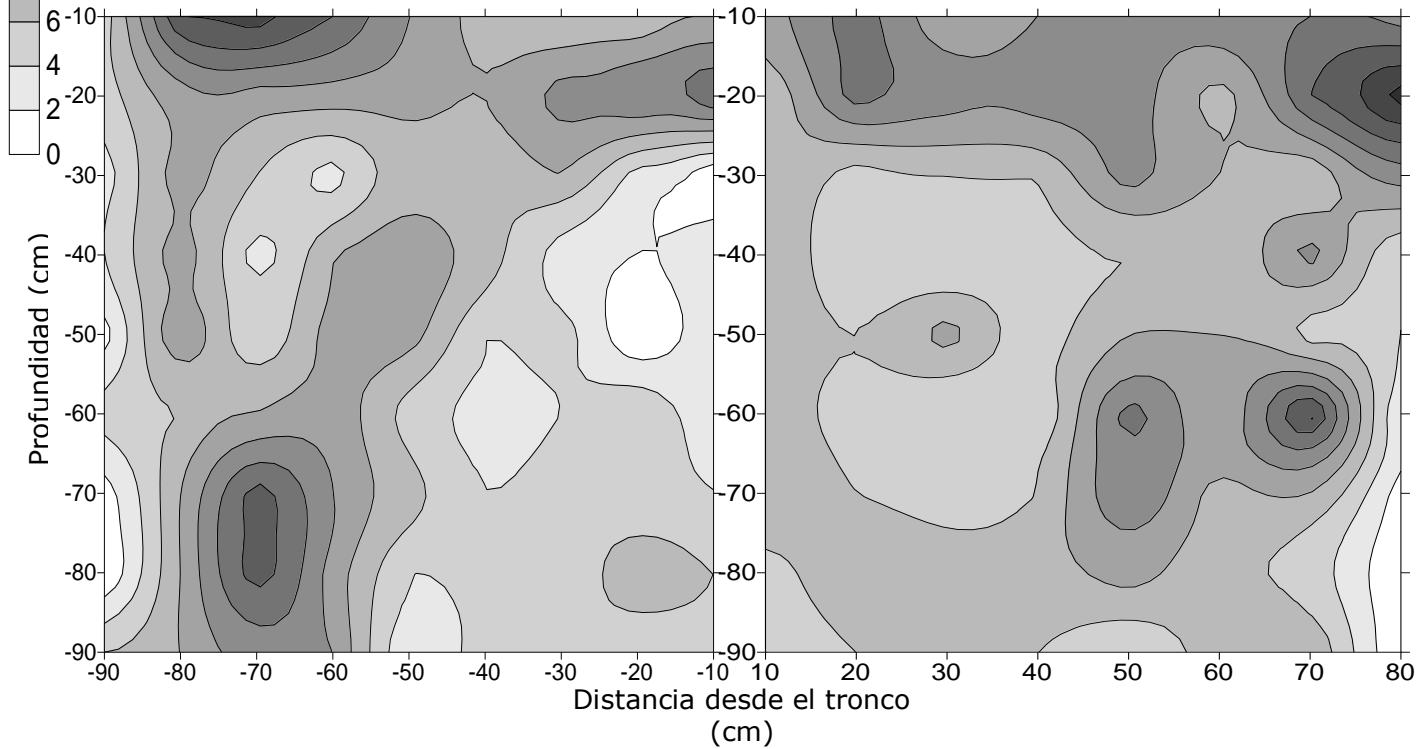
Filar

Interfilar

**Cereza**

Interfilar

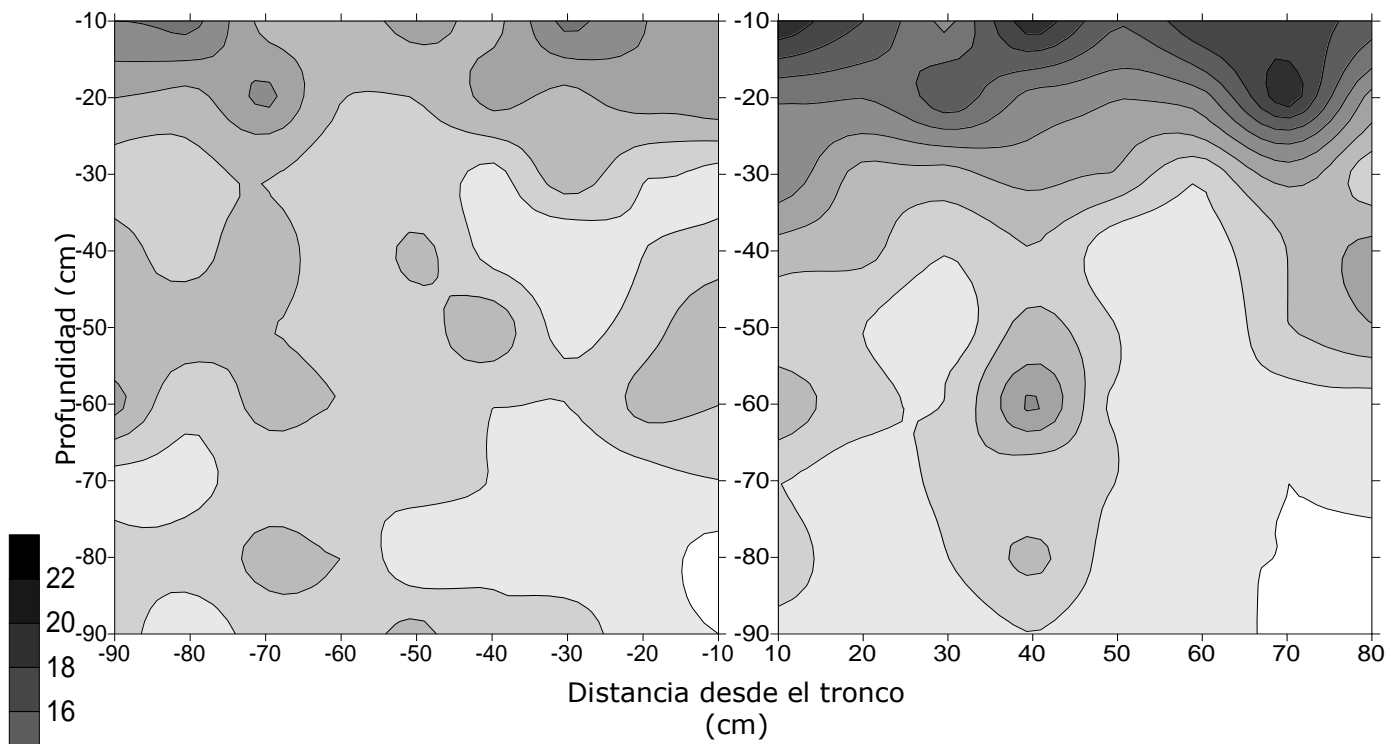
Filar



Harmony

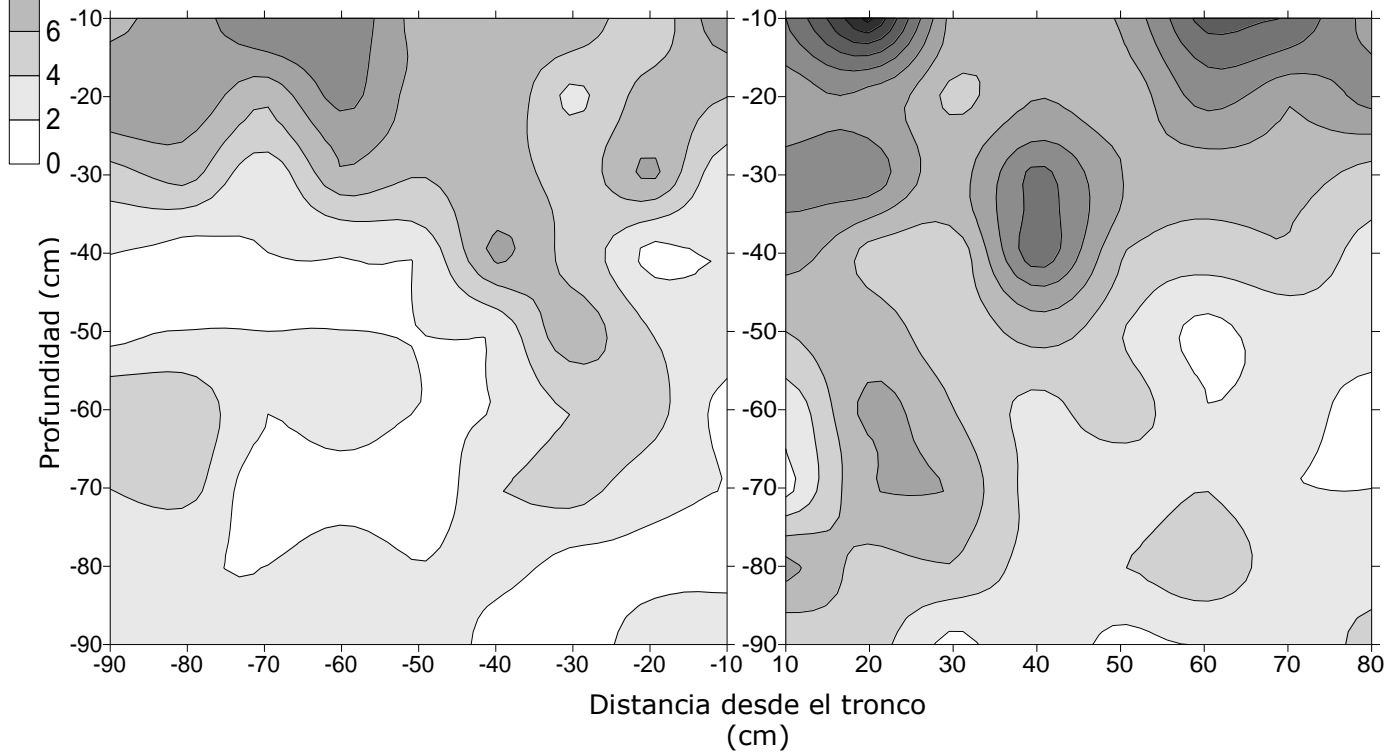
Interfilar

Filar

**1103 P**

Interfilar

Filar



S04

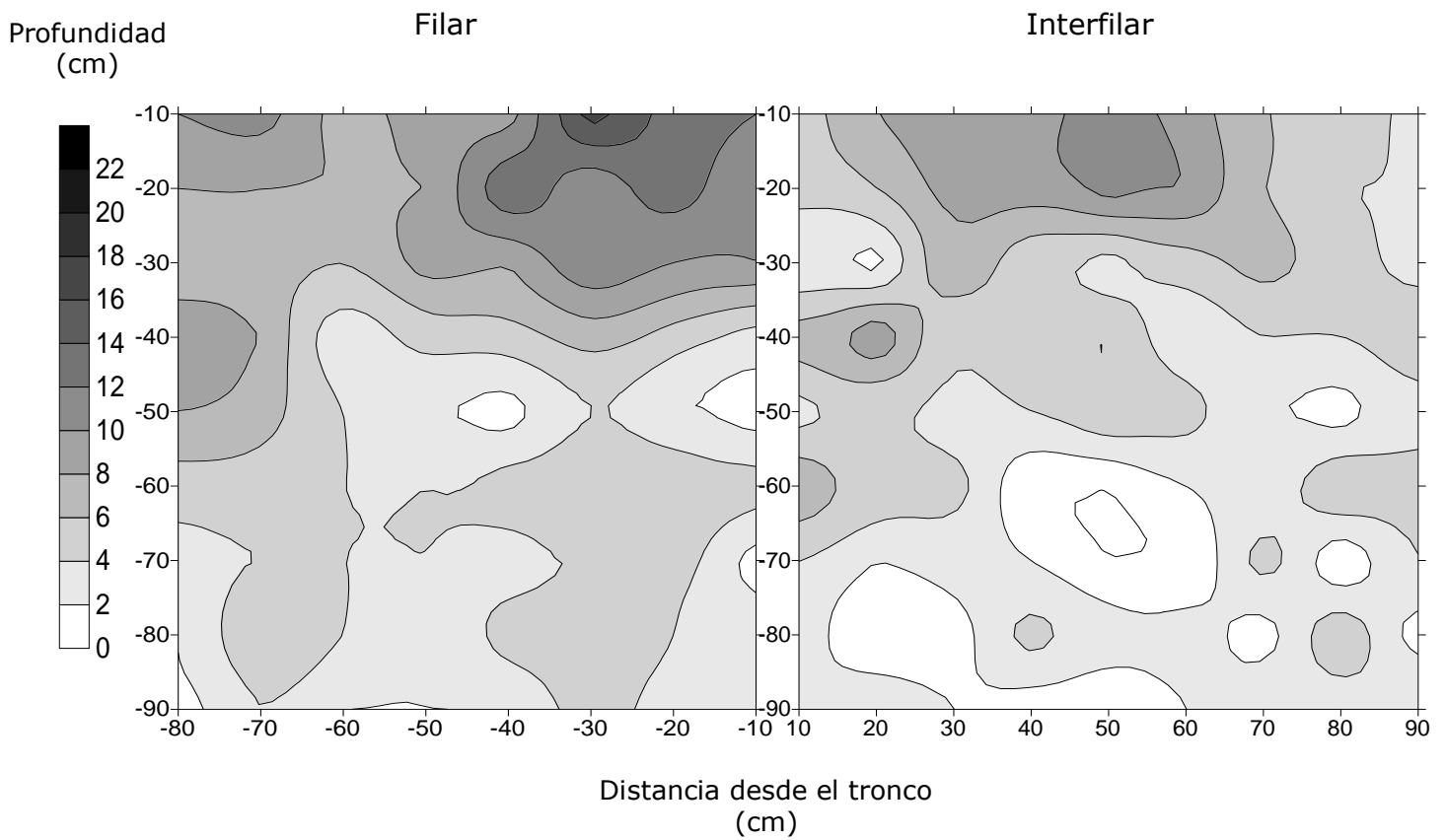


Figura 17: Densidad (nº de raíces totales por m²) y distribución radical de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie franco.

Figure 17: Root density (nº of total roots per m²) and root distribution of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots.

3.2.4 Absorción de nutrientes

En el análisis peciolar de envero no se encontraron diferencias significativas de macronutrientos -N, P, K, Ca y Mg- y micronutrientos -Fe, Cu, Zn, Mn- entre los portainjertos (Tabla 8 y 9). Tampoco se encontraron diferencias de macro y micronutrientos entre las dos zonas contrastantes de expresión vegetativa. En general, se observaron niveles adecuados de N, P (a pesar de los bajos niveles en suelo) y Ca; elevados valores de K, coincidentes con los altos niveles en el suelo; y valores bajos a medios de Mg (Tabla 8). Los niveles de micronutrientos fueron adecuados (Tabla 9).

Tabla 8: Análisis peciolar de envero. Valores promedio de macronutrientos de dos zonas contrastantes de expresión vegetativa del ensayo de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Temporada 2006-2007.

Table 8: Petioles analysis of veraison. Mean values of macronutrients of different zones of vegetative expression of the trial of Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Season 2006-2007.

Pie	N%		P%		K%		Ca%		Mg%	
Franco	0,87	a	0,31	a	3,38	a	1,66	a	0,49	a
Cereza	0,93	a	0,34	a	4,01	a	1,54	a	0,50	a
3309 C	0,93	a	0,34	a	4,01	a	1,54	a	0,50	a
1103 P	0,97	a	0,36	a	4,72	a	1,59	a	0,45	a
SO4	0,85	a	0,42	a	4,78	a	1,92	a	0,33	a
140 Ru	0,77	a	0,25	a	3,58	a	1,23	a	0,39	a
Harmony	0,93	a	0,39	a	4,63	a	1,66	a	0,37	a
Valor p	0,6098		0,8221		0,8745		0,8390		0,8233	

Letras distintas indican diferencias significativas en el test de Tukey para $p < 0,05$. Different letters denote a significant difference by Tukey's test at $p < 0,05$.

Tabla 9: Análisis peciolar de envero. Valores promedio de micronutrientos de dos zonas contrastantes de expresión vegetativa del ensayo de Malbec sobre seis portainjertos de vid y a pie Franco. Temporada 2006-2007.

Table 9: Petioles analysis of veraison. Mean values of micronutrients of different zones of vegetative expression of the trial Malbec on six grapevine rootstocks and on own roots. Season 2006-2007.

Pie	Fe (mg kg ⁻¹)		Cu (mg kg ⁻¹)		Zn (mg kg ⁻¹)		Mn (mg kg ⁻¹)	
Franco	102,5	a	30,75	a	63,5	a	67,0	a
Cereza	93,0	a	23,25	a	56,5	a	72,75	a
3309 C	54,5	a	17,25	a	48,0	a	95,75	a
1103 P	105,75	a	33,25	a	52,25	a	70,0	a
SO4	95,75	a	23,0	a	62,0	a	85,25	a
140 Ru	56,5	a	28,25	a	41,5	a	92,5	a
Harmony	77,5	a	26,25	a	45,5	a	101,5	a
Valor p	0,8237		0,9196		0,9533		0,9440	

Letras distintas indican diferencias significativas en el test de Tukey para $p < 0,05$. Different letters denote a significant difference by Tukey's test at $p < 0,05$.

4. DISCUSIÓN

Las diferencias entre portainjertos en términos de vigor, expresión vegetativa, rendimiento y partición de biomasa entre follaje, uva y raíz coinciden con los resultados obtenidos por diversos autores (Ezzahouani y Williams, 1995; Giorgessi *et al.*, 1996; Novello *et al.*, 1996; Coldecarrera *et al.*, 1997; Ezzahouani y Larry, 1997; Novello y de Palma, 1997; Clímaco *et al.*, 1998; Clímaco *et al.*, 1999; Tandonnet y Ollat, 2001; Andrade *et al.*, 2005; Agut *et al.*, 2005; Mattii *et al.*, 2005; Tandonnet *et al.*, 2005) en el sentido que diferentes portainjertos provocan diversas respuestas en cuanto a vigor, expresión vegetativa y producción de uva. Esto reafirmaría la influencia de los portainjertos sobre el comportamiento vegetativo y reproductivo de las plantas y corroboraría la tercer hipótesis planteada que indicaba que la combinación injerto-portainjerto modifica las relaciones fuente-destino y la partición de asimilados.

Desde este punto de vista los resultados obtenidos permitirían proponer diferentes portainjertos según los objetivos productivos que se busquen, *e.g.* Harmony, que se caracterizó por ser de bajo vigor, tener bajo rendimiento, con racimos y bayas más pequeños, y con un menor desarrollo radical; aún podría ser interesante si se busca una planta equilibrada, con bayas más pequeñas y con una mayor relación hollejo-uva que permitiría obtener una mayor calidad de vino. Los portainjertos SO4 y 1103 P, que se caracterizaron por tener un alto rendimiento pero una baja densidad de raíces, podrían recomendarse cuando se tiene un objetivo de alta producción, siempre y cuando la disponibilidad hídrica no sea limitante. Los portainjerto Cereza, 3309 C y Malbec a pie Franco, en las condiciones del ensayo, no tuvieron un buen equilibrio vegetativo-reproductivo, por lo que sería recomendable realizar manejos adecuados para que no repercuta en la producción o en la calidad.

El portainjerto 140 Ru, al igual que lo comentado por otros autores (Clímaco *et al.*, 1998; Clímaco *et al.*, 1999), se destacó por su equilibrio en términos de producción de uva y peso de poda. Su mayor desarrollo radical, su menor desarrollo vegetativo y su mayor EUA se relacionan con lo observado por varios autores en cuanto a su mejor adaptación a situaciones de sequía (Carbonneau, 1985; Novello y de Palma, 1997; Clímaco *et al.*, 1998). Por ejemplo, comparado con otros 26 portainjertos de distinto origen, mostró el mayor valor en el producto de la superficie foliar por g_s , en situaciones extremas de déficit hídrico (Carbonneau, 1985). En otro ensayo a campo de cv. Syrah sobre siete portainjertos con y sin restricción hídrica,

140 Ru disminuyó su rendimiento en la situación de déficit hídrico, pero en menor medida que el resto de los portainjertos (McCarthy *et al.*, 1997). Todo esto permitiría proponerlo como un portainjerto a tener en cuenta por su interesante repartición de asimilados y, especialmente para ser utilizado en situaciones de carencia hídrica.

La mayor longitud de brotes alcanzada por Franco comparada con la de 140 Ru, y el mayor rendimiento de éste frente a Franco podrían ser explicados por una posible competencia entre la actividad vegetativa y reproductiva como sugieren Mattii *et al.*, 2005. Esto reafirmaría nuevamente la tercera hipótesis planteada.

Algunos portainjertos no se comportaron como indicaba la bibliografía, *e.g.* 1103 P obtuvo el mayor rendimiento de uva, en contradicción con los resultados obtenidos con el mismo portainjerto en la cv. Ruby Seedlees (Ezzahouani y Williams, 1995), donde comparándolo con siete portainjertos fue el de menor rendimiento. Esto sugeriría una interacción injerto-portainjerto como proponen diversos autores (Rives, 1971; Pouget, 1987; Ollat *et al.*, 2003) y como fue observada por Zuluaga *et al.*, (1959), Clímaco *et al.*, (1999) y Tandonnet *et al.*, (2005). Por lo que es importante aclarar que los resultados obtenidos son válidos para la cv. Malbec, al igual que las recomendaciones hechas sobre el uso de cada portainjertos, y no se pueden extender directamente a otras variedades de vid. Las diferencias con estudios previos también podría deberse a las distintas condiciones de suelo, clima y manejo agronómico en que se realizaron los ensayos, como había sido advertido por Zuluaga *et al.*, en el año 1959, ya que la bibliografía citada se refiere principalmente a zonas bajo secano y con problemas de filoxera, siendo las condiciones del ensayo bajo riego y sin presencia de la plaga.

En cuanto a la composición de la uva de los distintos portainjertos se encontraron diferencias en los sólidos solubles como fue observado por diversos autores (Agut *et al.*, 2005; Sampaio y Vasconcelos, 2005) y en el peso y diámetro de la baya al igual que lo observado por Agut *et al.*, (2005). Por otro lado, no se encontraron diferencias en los polifenoles de las bayas de los distintos portainjertos, en contradicción a lo observado por Agut *et al.*, (2005), pero sí se encontraron diferencias en la relación hollejo-uva, lo cuál podría traducirse en distintas calidades de vino. La ausencia de diferencias en los polifenoles de las bayas de los distintos portainjertos podría deberse a las condiciones del ensayo que no implicaron restricciones hídricas o limitaciones de la vegetación (*e.g.* poda en verde).

Las relaciones entre parte aérea y radical indicadas por Ollat *et al.* (2003) y Tandonnet *et al.* (2005), en cuanto a que un mayor desarrollo radical confiere un mayor desarrollo de la parte aérea (SFT, PP y rendimiento de uva) se cumplió para 140 Ru, solo en lo que se refiere al rendimiento, al tener un gran desarrollo radical y un alto rendimiento. Esto no ocurrió con el resto de los portainjertos, ya que a mayor cantidad de raíces el rendimiento fue menor, lo cuál coincidiría con otros autores (Giorgessi *et al.*, 1996; Williams, 1996 citado en Ollat *et al.*, 2003) que sostienen que la raíz es el órgano más afectado por la presencia de frutos, y que constituye el destino prioritario de fotoasimilados solamente cuando las plantas no son fértiles. Esto reafirmaría nuevamente la tercera hipótesis planteada, ya que según la combinación injerto-portainjerto la partición de asimilados fue distinta, privilegiando más un destino que otro (e.g. 140 Ru privilegió el desarrollo radical y reproductivo sobre el vegetativo). Por otro lado, las variables PP y SFT no se relacionaron con el desarrollo radical en ningún portainjerto, lo cuál no coincidió con lo observado por Morano y Kliewer, (1994), y Tandonnet *et al.*, (2005). Las diferencias mencionadas entre los portainjertos también pudieron deberse a variables no analizados en este estudio como reguladores de crecimiento, e.g., citoquininas o ABA, los cuáles podrían intervenir en numerosos mecanismos regulando las relaciones entre la parte aérea y radical (Ollat *et al.*, 2003).

No se encontraron diferencias en A , E y g_s cuando fueron expresadas por m^2 entre los distintos portainjertos en contradicción a los resultados de diversos autores (Candolfi-Vasconcelos *et al.*, 1994; During, 1994; Padgett-Johnson *et al.*, 2000; Mattii *et al.*, 2005; Sampaio y Vasconcelos, 2005). En cambio, sí hubo diferencias cuando se expresaron en términos de la planta entera, sobre todo entre las plantas chicas (Harmony, $< A_{max}$ de la planta entera) y las plantas grandes (Franco y Cereza, $> A_{max}$ de la planta entera), y éstas se asociaron a las diferencias encontradas en la marcha diaria del Ψ_L , siendo las plantas injertadas sobre Harmony las más estresadas y las plantas a pie Franco y sobre Cereza las menos estresadas. Esto no concuerda con lo observado por otros autores que sí encontraron una asociación entre la tasa de fotosíntesis y el estado hídrico de las plantas (Clímaco *et al.*, 1998; Iacono *et al.*, 1998; Tandonnet y Ollat 2001). Esto rechazaría la segunda hipótesis planteada que indicaba que distintos portainjertos inducen diferencias en vigor, expresión vegetativa, rendimiento y composición de la uva debido en parte a una acción indirecta del estado hídrico.

La evolución del Ψ_{LMD} del ciclo vegetativo y la evolución diaria del Ψ_L medidos en la primera temporada no mostraron diferencias entre los portainjertos al igual que lo observado por diversos autores (Williams y Smith, 1991; Padgett-Johnson *et al.*, 2000). Sin embargo, cuando se midió la evolución diaria del Ψ_L de la zona de bajo vigor en la segunda temporada, sí se encontraron diferencias entre los portainjertos como fue observado por otros autores (Ezzahouani y Williams, 1995; Címaco, *et al.*, 1998; Mattii *et al.*, 2005). Esto pudo deberse a que las diferencias entre los portainjertos se expresan más en suelos con menor capacidad de retención hídrica (Ollat *et al.*, 2003).

Los menores valores de Ψ_L de Harmony con respecto a Cereza y Franco, observados en la zona de bajo vigor, podrían ser explicados por los menores valores de k_L y k_H de Harmony también con respecto a Cereza y Franco, lo cuál corrobora la ley de Darcy. La menor k_L de Harmony, y por consiguiente menor Ψ_L , podría deberse en parte a una menor densidad de raíces, lo cuál corroboraría la primer hipótesis planteada que indicaba que distintos portainjertos inducen diferencias en el estado hídrico de las plantas debido en parte a una diferente densidad de raíces. Esto no se cumplió para SO4, el cuál tuvo una baja densidad de raíces pero una elevada k_L , lo cuál indicaría que las diferencias también pueden deberse a variables no analizadas en este estudio como la cantidad y el tamaño de los vasos xilemáticos como fue propuesto por Giorgessi *et al.*, (1996). Estos autores observaron en un ensayo en macetas con distintas combinaciones de injerto-portainjerto, un menor crecimiento radical del portainjerto SO4, comparado con portainjertos de *Vitis vinifera*, pero con un número elevado de vasos xilemáticos y de mayor diámetro. Además, los autores sugirieron que si el portainjerto tiene un área xilemática más pequeña que la del injerto, el crecimiento sería reducido; mientras que en el caso contrario, el crecimiento sería favorecido. De esta manera, al igual que lo propuesto por Tandonnet y Ollat, (2001), el sistema radical pudo no ser el único elemento que influyó sobre el desarrollo y la producción de la planta, sino que las diferencias anatómicas de los tejidos vasculares entre el portainjerto y la planta injertada pudieron tener un efecto sobre el vigor conferido.

El menor desarrollo vegetativo de Harmony y el mayor desarrollo de Cereza y Franco podrían relacionarse a sus diferentes valores de k_L , y en consecuencia de Ψ_L . Es decir que e.g., Cereza al mantener un alto Ψ_L , mantuvo una alta turgencia de las células y así, tuvo una mayor expansión foliar, y por lo tanto un mayor desarrollo vegetativo. Esto concuerda con lo comentado por Sadras y Milroy, (1996) en cuanto

a la influencia del estado hídrico sobre la expansión foliar y sobre la imposibilidad de separar los aspectos de vigor, expresión vegetativa y rendimiento de los aspectos hídricos (Ollat *et al.*, 2003). A su vez, el mayor desarrollo vegetativo de Cereza y Franco frente a Harmony permitió un mayor tamaño de sus aparatos fotosintéticos ($> A_{\max}$ de la planta entera), lo cuál llevó a una mayor producción de fotoasimilados, reflejado en sus mayores valores de PP, SFT, rendimiento y número de raíces totales. Todas estas evidencias respaldarían la segunda hipótesis planteada que indicaba que distintos portainjertos inducen diferencias en vigor, expresión vegetativa, rendimiento y composición de la uva debido en parte a una acción directa del estado hídrico.

Mayores valores de k_L se asociaron a mayores superficies foliares, lo cuál coincidiría con lo observado por Peterlunger *et al.*, (1990), donde mayores valores de conductividad radical se asociaron a mayores valores de área foliar, materia seca de la parte aérea y materia seca de la planta entera.

No se encontraron diferencias entre los portainjertos en la EUA_{tot} al igual que lo observado por Sampaio y Vasconcelos, (2005), pero en contradicción a los resultados de diversos autores (During, 1994; Padgett-Johnson *et al.*, 2000). Sí se encontraron diferencias en la eficiencia en el uso del agua cuando fueron considerados los rendimientos (EUA). La mayor EUA de 140 Ru podría ser explicada por su diferente reparto de biomasa comparado con el resto de los portainjertos, privilegiando el desarrollo radical sobre el desarrollo vegetativo. Esto influyó sobre la economía del agua, ya que al ser una planta más chica la transpiración de la planta entera fue menor, y al tener una mayor densidad de raíces, a una tasa dada de transpiración, el flujo de agua transpirada fue menor (Maseda y Fernández, 2006). Esto reafirmaría nuevamente la tercera hipótesis planteada.

Se encontraron diferencias en la densidad de raíces entre los portainjertos pero su distribución fue similar, al igual que lo observado por diversos autores (Williams y Smith, 1991; Smart *et al.*, 2006). Estas diferencias no se reflejaron en la concentración peciolar de nutrientes, coincidiendo con lo observado por Williams y Smith, (1991), es decir, que las diferencias en el comportamiento vegetativo y reproductivo entre los portainjertos no pudieron ser explicadas por diferencias en la capacidad de absorción y traslocación de nutrientes como fue observado por diversos autores (Williams y Smith, 1991; Stanley Grant y Matthews, 1996; Tandonnet *et al.*, 2005; Wolpert *et al.*, 2005). Esto pudo deberse a que según Stanley Grant y

Matthews, (1996) las diferencias de absorción parecen estar relacionadas a las condiciones del medio edáfico. También pudo deberse a que a pesar de tener una diferente densidad de raíces, la distribución radical fue similar, por lo que las raíces de los portainjertos pudieron explorar el perfil del suelo en igual medida y por lo tanto, extraer sus nutrientes en forma similar.

5. CONCLUSIONES

Los portainjertos de vid Harmony, SO4, 1103 P, 140 Ru, 3309 C y Cereza inducen diferencias en expresión vegetativa; vigor; rendimiento; partición de biomasa entre follaje, uva y raíz; EUA; y relación hollejo-uva; en la cv. Malbec.

Las diferencias en expresión vegetativa, vigor y rendimiento expresadas por los distintos portainjertos pueden ser explicadas en parte por una acción directa del estado hídrico. Los portainjertos inducen diferencias en la k_L de las plantas. Las plantas con mayor k_L (*i.e.*, sobre Franco y Cereza) tienen un mayor Ψ_L y las de menor k_L tienen un menor Ψ_L (*i.e.*, sobre Harmony). Mayores Ψ_L se asocian a una superficie foliar más grande.

Las diferencias en el estado hídrico de las plantas no pueden explicarse únicamente por diferencias en la densidad de raíces de los portainjertos. En general los portainjertos con una mayor densidad de raíces se asocian a una mayor k_L (*i.e.*, 140 Ru) y los portainjertos con una menor densidad de raíces se asocian a una menor k_L (*i.e.*, sobre Harmony). Pero en SO4 una mayor k_L no está provocada por una mayor densidad de raíces.

Los portainjertos no provocan diferencias en la tasa fotosintética, en el rango de Ψ_L observados en el ensayo (-0,7 a -1,4 MPa). En estas condiciones, las diferencias en la fotosíntesis de las plantas enteras sólo se debe al efecto de las diferencias en la superficie foliar.

Cuando el portainjerto privilegia el crecimiento radical y el desarrollo reproductivo por sobre el crecimiento vegetativo se produce un aumento en la EUA. En este sentido se destaca el portainjerto 140 Ru por su potencial adaptación a situaciones de déficit hídrico.

6. BIBLIOGRAFÍA

AGUT, C.; RODRIGEZ LOVELLE, B.; FABRE, F. 2005. Effect of rootstock on Syrah behaviour. En: International GESCO-Viticulture-Congress, 14, Geisenheim. vol 2, p. 148-154.

ANDRADE, A.; AIRES, A.; ALMEIDA, C. 2005. Agronomic behaviour of grapevine Fernão Pires on three rootstock, at demarcated region of bairrada, Portugal. En: International GESCO-Viticulture-Congress, 14, Geisenheim. vol 2, p. 134-139.

ANDREONI, M. 2005. Comportamiento de la variedad Cabernet Sauvignon sobre cinco portainjertos diferentes. En: Ruralis, 2 (7): 28-32.

AZCÓN –BIETO, J.; TALÓN, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. Madrid: Mc Graw Hill. 522 p.

BATE-SMITH, E. C. 1954. Leucoanthocyanins. I. Detection and identification of anthocyanin formed from leucoanthocyanins in plant tissues. En: Biochem. J. 58:122-125.

BAVARESCO, L.; FREGONI, M.; FRASCHINI, P. 1991. Investigations on iron uptake and reduction by excised roots of different grapevine rootstocks and *V. vinifera* cultivar. En: Plant and Soil, 130: 109-113.

BAVARESCO, L.; FREGINI, H.; FRASCHINI, P. 1992. Investigation on some physiological parameters involved in chlorosis occurrence in grafted grapevine. En: Journal of Plant Nutrition, 15: 1979-1807.

BAVARESCO, L.; LOVISOLO, C. 2000. Effect of grafting on grapevine chlorosis and hydraulic conductivity. En: Vitis, 39 (3): 89-92.

BAVARESCO, L. 2001. Portinnesto e nutrizione minerale della vite. En: Vignevini, 28 (11): 53-54, 56, 58, 60, 62.

BAVARESCO, L.; GIACHINO, E.; PEZZUTTO, S. 2003. Grapevine rootstock effects on lime-induced chlorosis, nutrient uptake, and source-sink relationships. En: Journal of Plant Nutrition, 26 (7): 1451-1465.

BOUBALS, D. 1966. Étude de la distribution et des causes de la résistance au phylloxéra radicicole chez les vitacées. En: Annales de l'Amélioration des Plantes, 16 (2): 145-184.

BOUBALS, D. 1991. La réalite internationale relative au phylloxera. En : Le Progrès Agricole et Viticole, 108 (22): 494-496.

BRANAS, J. 1974. Viticulture. Montpellier: Déhan. 990 p.

BRAVDO, B.; HEPNER Y.; LOINGER C.; COHEN, S.; TABACMAN, H. 1984. Effect of crop level on growth, yield and wine quality of a high yielding Carignane vineyard. En: American Journal of Enology and Viticulture, 35:247-252.

BRAVDO, B.; HEPNER Y.; LOINGER C.; COHEN, S.; TABACMAN, H. 1985. Effect of crop level and crop load on growth, yield, must and wine composition and quality of Cabernet Sauvignon. En: American Journal of Enology and Viticulture, 36:125-131.

BREMNER, J. M. 1965. Total nitrogen: Regular Macro-Kjeldahl method. En: Methods of soil analysis Part II. (ed. in-chief Black. C. A). Agronomy N° 9. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA. 1149-1176 p.

CANDOLFI-VASCONCELOS, M. C.; KOBLET, W.; HOWELL, G. S.; ZWEIFEL, W. 1994. Influence of defoliation, rootstock, training system, and leaf position on gas exchange of Pinot noir grapevines. En: American Journal of Enology and Viticulture, 45 (2): 173-180.

CARBONNEAU, A. 1985. The early selection of grapevine rootstocks for resistance to drought conditions. En: American Journal of Enology and Viticulture, 36 (3):195-198.

CLÍMACO, P.; CHAVES, M. M.; CASTRO, R. 1998. Influence du porte-greffe sur le rendement et sur la réponse écophysiological du cépage Periquita. En: International GESCO-Viticulture-Congress, 10, Changins, Suisse. p. 150-156.

CLIMACO, P.; CARNEIRO, L. C.; CASTRO, R. 1999. Influence du cépage et du porte-greffe sur le rendement et la qualité du mout. En: Bulletin de l'O.I.V, 76, (823-824): 631-641.

COLDECARRERA, M.; GISPERT, M. A.; RECIO, J. P. 1997. The nutritional status of Chardonnay and Tempranillo in the Alt Emporda area: effect of rootstock. En: Acta Horticulturae, 448: 99-105.

CRUIZIAT, P.; COCHARD, H.; AMÉGLIO, T. 2002. Hydraulic architecture of trees: main concepts and results. En: Ann. For. Sci. INRA, EDP Science, 59: 723-752.

CHAMPAGNOL, F. 1984. Eléments de physiologie de la vigne et de viticultura générale. Montpellier : Dehan. 351p.

DURING, H. 1994. Photosynthesis of ungrafted and grafted grapevines: effects of rootstock genotype and plant age. En: American Journal of Enology and Viticulture, 45 (3): 297-299.

EZZAHOUANI, A.; WILLIAMS, L.E. 1995. The influence of rootstock on leaf water potencial, yield, and berry composition of Ruby Seedless grapevines. En: American Journal of Enology and Viticulture, 46 (4): 559-563.

EZZAHOUANI, A.; LARRY, L.E. 1997. Effet du porte-greffe sur l'état hydrique de la vigne, la production et la qualité des raisins du cépage "Italia". En: Bulletin de l'O.I.V. 70, (799-800): 703-713.

FERRARO OLMOS, R. c1982. Portainjertos. En: Viticultura moderna. Montevideo: Hemisferio sur. Capítulo 5: p. 200-218.

FREGONI, M. 1999. Viticoltura de qualita. 1a.1reimp. Verona: L'Informatore Agrario. p. 29-32.

GALET, P. 1956. Cépage et vignobles de France. Montpellier: Déhan. tome I, 670 p.

GALET, P. 1973. Précis de viticulture. 2a.ed. Montpellier: Déhan. 584 p.

GIORGESSI, F.; BORTOLIN, C.; SANSONE, L.; GIULIVO, C. 1996. Stock and scion growth relationships in *Vitis vinifera*. En: Acta Horticulturae, 427: 311-317.

GRANETT, J.; GOHEEN, A. C.; LIDER, L. A.; WHITE, J.J. 1987. Evaluation of grape rootstocks for resistance to type A and B grape phylloxera. En: American Journal of Enology and Viticulture, 38 (4): 298-300.

HARDIE, W. J.; CIRAMI, R. M. 2000. Grapevine rootstocks. En: Coombe, B.G.; Dry, P.R. Viticulture. Adelaide: Winetitles. . Volumen 1: p 154-176.

HIDALGO, L. 1993. La filoxera. En: Tratado de Viticultura. Madrid: Mundi – Prensa, Capítulo 9: p. 219-237.

HIDALGO, L. 1993. Los portainjertos. En: Tratado de Viticultura. Madrid: Mundi – Prensa. Capítulo 12: p. 289-319.

IACONO, F.; BUCCELLA, A.; PETERLUNGER, E. 1998. Water stress and rootstock influence on leaf gas exchange of grafted and ungrafted grapevines. En: Scientia Horticulturae 75: 27-39.

INV. Instituto Nacional de Viticultura. 2005. Registro de viñedos y superficie. En: <http://www.inv.gov.ar/PDF/Estadisticas/PanoramaViti/registrovinedossuperficie2005.PDF> (Consulta: 10 Abr. 2008).

INV. Instituto Nacional de Viticultura. 2007. Estadísticas. En: http://www.inv.gov.ar/fr_inv.asp?path=home.htm. (Consulta: 1 Feb. 2008).

KELLER, M. 2007. Grapevine anatomy and physiology. Course text for WSU professional certificate in viticulture. Washington State University. 200 p.

KLIEWER, W.M.; WOLPERT, J.A.; BENZ, M. 2000. Trellis and vine spacing effects on growth, canopy microclimate, yield and fruit composition of Cabernet Sauvignon. En: *Acta Horticulturae*, 526:21-32.

KLIEWER, W. M.; DOKOOZLIAN, N. K. 2005. Leaf Area/Crop Weight Ratios of Grapevines: Influence on Fruit Composition and Wine Quality. En: *American Journal of Enology and Viticulture*, 56 (2): 170-181.

KOBLET, W.; CANDOLFI-VASCONCELOS, M. C.; ZWEIFEL, W.; STANLEY HOWELL, G. 1994. Influence of leaf removal, rootstock, and training system on yield and fruit composition of Pinot noir grapevines. En: *American Journal of Enology and Viticulture*, 45 (2): 181-187.

MARTÍNEZ DE TODA, F. 1991. *Biología de la vid. Fundamentos biológicos de la viticultura*. Madrid: Mundi-prensa, 346 p.

MARTINEZ VALERO, R.; MELGAREJO MORENO, P.; MARTINEZ NICOLAS, J. J.; HERNANDEZ GARCIA, F.; MARTINEZ FONT, R. 2001. Práctica 8: Clasificación y diferenciación de patrones de cultivares. En: *Prácticas integradas de viticultura*. p. 131-161.

MASEDA, P.; FERNÁNDEZ, R. 2006. Stay wet or else: three ways in which plants can adjust hydraulically to their environment. En: *Journal of Experimental Botany*, 57 (15): 3963-3977.

MATTI, G. B.; ORLANDINI, S.; CALABRESE, C. E. 2005. Analysis of grape vegeto-productive responses to plant density and rootstock. En: *International GESCO-Viticulture-Congress*, 14, Geisenheim. vol 2, p. 629-634.

MC CARTHY, M. G.; CIRAMI, R. M.; FURKALIEV, D. G.; 1997. Rootstock response of Shyraz (*Vitis vinifera*) grapevines to dry and drip-irrigated conditions. En: *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 3 (2): 95-98.

MORANO, L.; KLIEWER, M. 1994. Root distribution of three grapevine rootstocks grafted to Cabernet Sauvignon grown on a very gravelly clay loam soil in Oakville, California. En: *American Journal of Enology and Viticulture*, 45 (3): 345-348.

NIJENSOHN, L.; PILASI, H. 1962. Correlación entre contenido de agua a pF0, volumen de sedimentación y porcentaje de arcilla. En: *Reunión Argentina, 2, y Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*, 1. Mendoza.

NIJENSOHN, L. 1991. Fósforo extraíble con agua carbonicada en el diagnóstico del nivel de fertilidad fosfórica en suelos aluvionales regadíos. En: *Jornada Nacional "Fósforo del suelo"*, 2. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo-Comité de Química: 32-36.

NOVELLO, V.; BICA, D.; de PALMA, L. 1996. Rootstock effects on vegetative productive indices in grapevine cv. Erbaluce trained to pergola system. En: *Acta Horticulturae*, 427: 233-240.

NOVELLO, V.; de PALMA, L. 1997. Genotype, rootstock and irrigation influence on water relations, photosynthesis and water use efficiency in grapevine. En: *Acta Horticulturae*. 449: 467-473.

OLLAT, N.; TANDONNET, J. P.; BORDENAVE, L.; DECROOCQ, S.; GENY, L.; GAUDILLERE, J. P.; FOUQUET, R.; BARRIEU, F.; HAMDI, S. 2003. La vigueur conférée par le porte-greffe : hypothèses et pistes de recherches. En: *Bulletin de l'O.I.V.*, 76, (869-870): 581-595.

PADGETT-JOHNSON, M.; WILLIAMS, L. E.; WALKER M. A. 2000. The influence of *Vitis riparia* Rootstock on water relations and gas exchange of *Vitis vinifera* cv. Carignane scion under non-irrigated conditions. En: *American Journal of Enology and Viticulture*, 51 (2): 137-143.

PETERLUNGER, E.; MARANGONI, B.; CIPRIANI, G. 1990. Conducibilità idrica radicale di portinnesti di vite. En: *Vignevini* (6): 43-46.

POUGET, R. 1987. Le porte-greffe: un facteur efficace pour maîtriser la vigueur de la vigne et la qualité du vin. En: *Bulletin de l'O.I.V.*, 60, (681-682): 919-927.

PRATT, P. F. 1965. Potassium: Exchangeable potassium. En: *Methods of soil analysis Part II.* (ed. in-chief Black. C. A). Agronomy N° 9. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA. 1022-1030 p.

REIGOSA, M.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. 2003. La ecofisiología vegetal. Una ciencia de síntesis. Madrid: Thompson. 1193 p.

REYNIER, A. 1991. Manuel de viticulture. 6a.ed. Paris : Lavoiser. p. 47-52.

RIOU, V.; ASSELIN, C. 1996. Potentiel polyphénolique disponible du raisin, estimation rapide par extraction partielle a chaude. En: *Le Progrès Agricole et Viticole*, 113, (18): 382-384.

RIVES, M. 1971. Statistical analysis of rootstock experiments as providing a definition of the terms vigour and affinity in grapes. En: *Vitis* (9): 280-290.

ROMANELLA, C.A. 1957. Los suelos de la región del río Mendoza. En: *Boletín de Estudios Geográficos*, 14. 57 p.

RODRIGUEZ, J.; GALARRAGA, L.; CAVAGNARO, R.; OCVIRK, M.; MATUS, M. 1998. Evaluación de clones y portainjertos en Mendoza. *UVA* (72): 12-13.

SADRAS, V. O.; MILROY, S. P. 1996. Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: A review. En: *Field Crops Research*. 47: 253-266.

SAITO, T.; TANAKA, T.; TANABE, H.; MATSUMOTO, Y.; MORIKAWA, Y. 2003. Variation in transpiration rate and leaf cell turgor maintenance in saplings of deciduous broad-leaved tree species common in cool temperate forest in Japan. En: *Tree Physiology*, 23: 59-66.

SAMPAIO, T.; VASCONCELOS, C. 2005. Optimizing water status, gas-exchange, fruit yield and composition using rootstocks. En: International GESCO-Viticulture-Congress, 14, Geisenheim. vol 2, p. 115-118.

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

SMART, R.E. 1985. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. En: American Journal of Enology and Viticulture, 36:230-239.

SMART, D.R.; SCHWASS, E.; LAKSO, A.; MORANO, L. 2006. Grapevine rooting patterns: A comprehensive analysis and review. En: American Journal of Enology and Viticulture, 57 (1): 89-104.

SOAR, C. J.; DRY, P. R.; LOVEYS, B. R. 2006. Scion photosynthesis and leaf gas exchange in *Vitis vinifera* L. cv. Shyraz: Mediation of rootstock effects via xylem sap ABA. En: Australian Journal of Grape and Wine Research, 12: 82-96.

SOMMER, K. J.; ISLAM, M. T.; CLINGELEFFER, P. R. 2001. Sultana fruitfulness and yield as influenced by season, rootstock and trellis type. En: Australian Journal of Grape and Wine Research, 7: 19-26.

SOTES RUIZ, V.; LISSARRAQUE, J. R.; MENDIOLA UBILLOS, M.; GALANCELA, P. c1990. Manual de variedades y patrones de vid. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 44 p.

SPERRY, J. S.; HACKE, U. G.; OREN, R.; COMSTOCK, J. P. 2002. Water deficits and hydraulic limits to leaf water supply. En: Plant, Cell and Environment, 25: 251-263.

STANLEY GRANT, R.; MATTHEWS, M. A. 1996 a. The influence of phosphorus availability, scion, and rootstock on grapevine shoot growth, leaf area, and petiole phosphorus concentration. En: American Journal of Enology and Viticulture, 47 (2): 217-224.

STANLEY GRANT, R.; MATTHEWS, M. A. 1996 b. The influence of phosphorus availability and rootstock on root system characteristics, phosphorus uptake, phosphorus partitioning, and growth efficiency. En: American Journal of Enology and Viticulture, 47 (4): 403-409.

SWANEPOEL, J. J.; SOUTHEY, J. M. 1989. The influence of rootstock on the rooting pattern of the grapevine. En: South African Journal for Enology and Viticulture, 10 (1): 23-28.

TANDONNET, J. P., OLLAT, N. 2001. Etude de l'influence du porte-greffe et de l'inter-greffe sur la physiologie de la vigne. En: Journées GESCO, 12. Compte rendu. Vol 1. Montpellier. 377-383.

TANDONNET, J.P., DECROOCQ, S., GAUDILLERE, J.P., FOUQUET, R., OLLAT, N. 2005. Conferred vigour by rootstocks in grapevine: evaluation of some hypothesis. En: International GESCO-Viticulture-Congress, 14, Geisenheim. vol 2, p. 120-125.

TARDIEU, F; DAVIES, W. J. 1992. Stomatal Response to Abscisic Acid Is a Function of Current Plant Water Status. En: Plant Physiology, 98, 540-545.

TYREE, M. T.; ZIMMERMANN, M. H. 2002. Xylem structure and the ascent of sap. 2a ed. Heidelberg: Springer. 283 p.

VEGA, J. 1979. Hablemos de la filoxera. En: Vinos y viñas, 75 (884): 32.

WILLIAMS, L. E.; SMITH, R. J. 1991. The effect of rootstock on the partitioning of dry weight, nitrogen and potassium, and root distribution of Cabernet Sauvignon grapevines. En: American Journal of Enology and Viticulture, 42 (2): 118-122.

WOLPERT, J. A.; SMART, D. R.; ANDERSON, M. 2005. Lower petiole potassium concentration at bloom in rootstock with *Vitis berlandieri* backgrounds. En: American Journal of Enology and Viticulture, 56 (2): 163-169.

ZIRONI, R.; BUIATTI, S.; CELOTTI, E. 1992. Evaluation of a new colorimetric method for the determination of catechins in musts and wines. En: Wein – Wissenschaft, Viticultural and Enological Sciences, 47:1-7.

ZULUAGA, P. A.; JULCH, J. A.; ZULUAGA, E. M. 1959. Ensayos comparativos de rendimiento de variedades de *Vitis vinifera* sobre portainjertos americanos. Boletín técnico N°1. Instituto Provincial Agropecuario. Gobierno de Mendoza. Ministerio de Economía, Obras Públicas y riego. 242 p.