

Los componentes del rendimiento, la expresión vegetativa y los indicadores fisiológicos de *Vitis vinifera* L. cv Merlot en función de la arquitectura de la planta

Ferrer, M.¹; González Neves, G.^{2,3}; Priore, E.⁴; Montaña, A.¹ y Carbonneau, A.⁵

¹ Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Vegetal, Montevideo – Uruguay.

² Facultad de Agronomía. Unidad de Tecnología de los Alimentos, Montevideo–Uruguay.

³ Laboratorio de Análisis e Investigaciones, del Instituto Nacional de Vitivinicultura (INAVI) Las Piedras–Uruguay.

⁴ Facultad de Agronomía. Departamento de Biometría, Estadística y Computación, Montevideo – Uruguay.

⁵ Agro M. INRA, UMR “Sciences pour l’oenologie”, F-34060 Montpellier- France.

Recibido: 31/3/07 Aceptado: 15/10/08

Resumen

Un estudio de los efectos del sistema de conducción sobre los componentes del rendimiento, la expresión vegetativa, los indicadores fisiológicos y la regulación del agua fue realizado durante los años 2001 a 2004 en la principal zona vitícola del Uruguay. El ensayo fue instalado en un viñedo comercial de la variedad Merlot, injertado sobre SO4. Las plantas están conducidas en Lira y Espaldera alta, podadas a cordón Royat con un número medio de 18 yemas por cepa. Como alternativa se practicó un raleo de racimos en envero con una intensidad del 50 por ciento en relación a las plantas testigo. La Lira registra rendimientos por planta y por hectárea significativamente superiores a los de la Espaldera. La superficie foliar expuesta potencial y la superficie foliar total presenta valores significativamente superiores en la Lira; el peso de poda y el largo de los sarmientos han sido significativamente superiores en la Espaldera. La superficie foliar por kilo de racimo es superior en la Espaldera mientras que los Indicadores Fisiológicos muestran plantas más equilibradas en la Lira. El potencial hídrico foliar de base según los estados fenológicos muestra que la arquitectura en Lira para los años de estudio se sitúa en rangos de estrés moderado siendo significativamente más bajos que los de la Espaldera. La arquitectura de la planta tiene una influencia determinante sobre los componentes del rendimiento, la expresión vegetativa y la regulación del agua. La conducción en Lira se presenta como una herramienta pertinente para regular el agua, y obtener rendimientos superiores manteniendo plantas más equilibradas. Globalmente este sistema presenta ventajas comparativas para la variedad Merlot implantada en las condiciones agroecológicas en la zona delimitada climáticamente ISA₁IHA₃ IFA₂ de Uruguay.

Palabras Clave: Alimentación hídrica, indicadores de funcionamiento, Merlot, producción, *Vitis vinifera*

Summary

Yield components, vegetative expression and physiologic indicators on *Vitis vinifera* L. cv Merlot depending on plant architecture

A study with reference to trellis system effects on the yield components, vegetative expression, physiological indicators and water status regulation was carried out from 2001 to 2004 in the principal wine-growing region of Uruguay. The experiment was performed in a commercial Merlot vineyard, grafted on SO4. The plants were trained to a Lira and high Vertical trellis, Royat pruned with an average number of 18 buds by plant. As an alternative, a cluster thinning was practiced at veraison with an intensity of 50 % in relation to control plants. Yield per plant and

per hectare was significantly superior on the Lira than on the Vertical trellis. The potential leaf exposed surface and the total leaf surface presented significantly higher values in the Lira. Pruning weight and shoots length, were significantly superior in the Vertical trellis. The leaf surface per cluster kilogram was higher in the Vertical trellis, whereas the Physiological Indicators showed more balanced plants in the Lira. Along the years of this study, the predawn leaf water potential, according to phenological states, showed that registered values for Lira architecture were significantly lower than those the Vertical trellis, and placed in ranges of moderate stress. Plant architecture had a determinant influence on yield components, vegetative expression and plant water status regulation. The Lira trellis system appeared as a valuable tool to regulate the water consumption, and to obtain higher yields, keeping more balanced plants. Globally, this training system presented comparative advantages for the Merlot cultivar in the agroecological conditions of the climatically delimited ISA₁IHA₃ IFA₂ zone of Uruguay.

Key words: Merlot, physiological indicators, *Vitis vinifera*, water status, yield

Introducción

La arquitectura de la vegetación es uno de los componentes del sistema de conducción que tiene un efecto directo cuando se consideran los intercambios entre la planta y su ambiente (Carbonneau, 1980, 1999).

Varios trabajos han demostrado que la forma de la vegetación tiene una marcada influencia sobre el rendimiento y la regulación del agua en la planta como también sobre la maduración de la uva. Esta influencia se ejerce a través de la capacidad de la superficie foliar de interceptar y distribuir la radiación solar lo que repercute sobre su potencial fotosintético, la transferencia de asimilatos y nutrientes a los distintos órganos de la planta (Katerji *et al.*, 1994; Lebon *et al.*, 1995; Carbonneau, 1999)

Diversos autores señalan que esta respuesta depende fuertemente de los factores de variación del rendimiento y en particular de los equilibrios fisiológicos expresados por las relaciones que se establecen entre la fuente y las fosas, así como de la expresión vegetativa de las plantas. (Carbonneau, *et al.*, 1977; Amati *et al.*, 1994; Ferrer *et al.*, 1998; González Neves y Ferrer, 2000 y Ollat, 2002). En la madurez de las uvas, la relación entre la superficie foliar y el rendimiento es considerado entre otros autores por Carbonneau, (1992), Murisier y Zufferey (1997) y Zufferey y Murisier (2005), como un indicador de este equilibrio fisiológico. Numerosas investigaciones tienen por objetivo cuantificar esta relación en la medida que tanto la calidad como la cantidad de la uva, son muy dependientes de ella, transformándose así, en una herramienta de diagnóstico y gestión del potencial enológico y del rendimiento. En este sentido la literatura cita valores óptimos que varían entre 0,4 m²/kg a 1,5 m²/kg (Kliever y Weaver, 1971, Murisier y Zufferey 1997; Zufferey y Murisier 2005).

Otro indicador de funcionamiento fisiológico es el Índice de Ravaz (relación entre la producción anual de

fruta y madera). Los valores de este índice dependen de la variedad, así para variedades muy productivas el valor está comprendido entre 4 y 15 y para las menos productivas oscila entre 3 y 8. Ferrer *et al.* (1997) han determinado para una variedad productiva como Tannat, un valor situado en 7 y 10 para plantas en equilibrio productivo. Según Champagnol (1984), la componente “peso de poda” está bien correlacionada con la superficie foliar.

Carbonneau, (1996) y Carbonneau y Cargnello (2003) definieron la capacidad anual de la planta de producir materia seca como un índice de su equilibrio fisiológico. La relación de la materia seca con la superficie foliar expuesta, según estos mismos autores, permite visualizar de manera aproximada la posibilidad ofrecida a la planta de invertir en las actividades del metabolismo primario y secundario a la vez que asegurar su condición de penrenidad.

Según el sistema de conducción es posible aumentar la superficie foliar en más de un 50 % en las arquitecturas con canopia dividida, lo que a su vez permite una mayor producción de uva sin repercusiones negativas sobre la calidad (Morrison y Noble, 1990; Ollat, 2002; Gily, 2006). Para Matti y Storchi (2001), el aumento de la superficie foliar por la conducción en Lira tiene como consecuencia una intercepción luminosa más elevada, y es el factor que explicaría un aumento de la producción sin una disminución de la calidad enológica. Esta afirmación es comprobada por los trabajos de investigación iniciados por Carbonneau (1980) que comparó sistemas en Liras abiertas con sistemas monoplanos y demostró que los primeros, aumentando la superficie foliar sin provocar superposición del follaje, dan mejores resultados productivos. Estos resultados fueron confirmados por otros autores como Castro *et al.* (1991); Smart y Robinson (1991); Giulivo, *et al.* (2005); Gily (2006) en diferentes condiciones de cultivo.

El raleo de racimos, disminuyendo la cantidad de uva por planta, modifica la relación entre la superficie foliar y la producción de uva. Esta reducción de la producción de uva no es proporcional a la intensidad del raleo cuando esta práctica se realiza en envero (Amati *et al.*, 1994; Ferrer *et al.*, 1997; González Neves y Ferrer, 2000; Maigre y Murisier, 2002; Gonzalez Neves, 2005). Esta discordancia entre la intensidad y la disminución de la producción puede ser explicada, según estos autores, por un efecto de compensación debida a la modificación de la relación fuente-fosa que se produce en la planta en función de la época de realización del raleo, lo que trae como consecuencia cambios en los indicadores fisiológicos.

De una manera general, la alimentación hídrica de la viña durante la maduración de la uva constituye uno de los factores claves de la calidad de la vendimia. Por lo tanto la arquitectura de la vegetación (superficie foliar y disposición de las hojas) es un elemento muy importante porque ella determina la capacidad de la viña de transpirar y de regular su consumo de agua a lo largo de la estación. En función de la superficie foliar, la viña transpira cantidades de agua más o menos importantes. Esta capacidad, por su influencia sobre el rendimiento y la composición de la uva, es uno de los factores que diferencian las arquitecturas de las plantas ya que la intercepción de la radiación y la exposición del follaje actúan sobre el potencial hídrico de base (Champagnol, 1984; Van Leeuwen, *et al.*, 2003; Ojeda, *et al.*, 2005; Zufferey y Murisier, 2005). Carbonneau (2001) muestra que en el sistema en Lira este potencial hídrico es más bajo en comparación con el de la Espaldera.

El balance hídrico del viñedo toma en cuenta la intercepción de la radiación que depende de la superficie foliar por la vía del coeficiente global del cultivo (kc). El valor de este coeficiente evoluciona según el desarrollo de la superficie foliar a lo largo del ciclo del cultivo y según el sistema de conducción. Así a medida que avanza el ciclo se produce un aumento de la superficie foliar y el valor kc pasa de 0,1 a 0,5 (Carbonneau, 2001). Los valores de coeficiente determinados por Williams (2001) son de 0,81 para la Lira y de 0,66 para la Espaldera.

Las condiciones de alimentación hídrica de la viña determinan la velocidad de crecimiento vegetativo y el momento de su detención, así una de las primeras funciones que se ve resentida por la falta de agua es el crecimiento vegetativo (Matthews *et al.*, 1987; Naor *et al.*, 2002; Van Leeuwen *et al.*, 2003). Tregoat *et al.* (2002) han establecido para el cv Merlot, en la zona bordelesa de Francia, una correlación positiva entre la

intensidad de la restricción hídrica y la precocidad de la detención del crecimiento.

Zufferey y Murisier (2005) comunican que las viñas sometidas a un estrés hídrico moderado, medido como potencial hídrico de base con valores comprendidos entre -5 bars y -3 bars, presentan una detención precoz del crecimiento vegetativo. Esta respuesta a esta condición de estrés estaba en relación a la dimensión de la superficie foliar de las plantas. Una alimentación hídrica no limitante a lo largo de la estación de crecimiento induce a un exceso de vigor que causa aumento de rendimiento, competencia por la repartición de los azúcares entre los órganos vegetativos y reproductivos, alteración del microclima de la zona de los racimos, y desarrollo de parásitos (Champagnol, 1984).

Lakso y Pool (2005) marcan que los sistemas con canopia dividida tienen mayor necesidad de agua que los sistemas simples. Esta afirmación reposa en el hecho que los sistemas con canopia dividida, como la Lira, interceptan más luz (60-70 %) que la Espaldera con valores de intercepción de 40 a 50 % de la luz.

En las condiciones de Uruguay, Ferrer *et al.* (2001), González Neves *et al.* (2003) y González Neves (2005) verificaron, para diferentes variedades, que la conducción en Lira permite obtener rendimientos superiores a los obtenidos en la Espaldera y que estos no se acompañan de una disminución de la calidad enológica de la uva. Estos autores verifican que la Lira procura a la viña una superficie foliar superior a la Espaldera, lo que está de acuerdo con otros autores para otras situaciones de cultivo como Castro *et al.* (1991), Smart y Robinson (1991), Carbonneau (1999).

El objetivo de este trabajo es proponer en la variedad Merlot la arquitectura que mas se adapte a nuestras condiciones ambientes teniendo en cuenta su relación con los componentes de la producción, algunas variables de respuesta, el estado de hidratación y que permita obtener una producción sustentable en la situación de Uruguay.

Materiales y métodos

El ensayo fue instalado en la principal región de producción del Uruguay, en un viñedo comercial del departamento de Canelones. El clima vitícola de esta zona, según los índices bioclimáticos calculados con el método propuesto por Tonietto y Carbonneau (2004), y la modificación introducida por Ferrer *et al.* (2007) corresponde a un tipo climático $ISA_1IHA_3IFA_2$ es decir templado, con noches templadas y sequía moderada.

Material vegetal: se estudió la variedad Merlot injertada sobre SO4. Se consideraron las arquitecturas Lira (3333 plantas /ha) y Espaldera (3200 plantas/ha), en ambos casos el tipo de poda es cordón Royat con un número medio de 18 yemas por planta.

Experimento: se ubicaron en dos cuadros de viña uno con plantas conducidas en Lira y el otro en Espaldera. En cada cuadro se eligieron al azar 60 plantas, la mitad de las cuales fueron sometidas a raleo manual de racimos. Dicho raleo fue practicado en enero (5-10 % de bayas enveradas) a una intensidad del 50 por ciento en relación a las plantas testigo. El ensayo se realizó en los años 2001 al 2004.

Determinación del potencial hídrico foliar de base: la determinación del potencial de base se realizó con la técnica de la cámara de presión de Scholander *et al.* (1965) utilizando un "Soil moisture equipment" mod. 3005 – 1412. Estas medidas fueron realizadas desde el desborre a la cosecha. Los potenciales son medidos al alba. Las hojas muestreadas en número de 20 por parcela (10 del lado este y 10 del lado oeste) son adultas, sanas y frescas.

Determinación de los componentes del rendimiento: las evaluaciones fueron efectuadas individualmente a la cosecha sobre las 60 plantas: peso de la uva, conteo del número de racimos y cálculo de su peso medio, peso medio de las bayas. Se utilizó una balanza Moretti mod RS – 232-C (10 kg).

Medidas de la vegetación

- Estimación de las superficies foliares.

La Superficie Foliar total (SFT) de 10 plantas fue medida en enero tomando en consideración el perímetro externo del follaje y la discontinuidad entre plantas

La Superficie Foliar Expuesta Potencial (SFEp) fue estimada en enero según el método de Carbonneau (1995).

- Peso de poda por planta fue medido individualmente a caída de hojas sobre 30 plantas, utilizando una balanza Moretti mod RS – 232-C (10 kg).

- Crecimiento de los pámpanos.

El largo de los pámpanos se tomó en el año 2003 por medidas de crecimiento de 20 sarmientos enteros para cada parcela conducidos a lo largo del último alambre. A fin de reducir la heterogeneidad de las medidas, los sarmientos fueron elegidos sobre pitones de la parte media del cordón y con presencia de racimos. Estas medidas fueron realizadas cada siete días desde el comienzo de la floración hasta la detención del crecimiento del pámpano.

Indicadores Fisiológicos

- Determinación de la Capacidad de producción de materia seca anual. Según la fórmula propuesta por Carbonneau (1996):

$CPMS = 0,5 \text{ Peso de madera de poda (kg)} + 0,2 \text{ Peso de cosecha (kg)}$

Los coeficientes indican la cantidad relativa de agua de cada órgano considerado.

- Determinación del Índice de Ravaz.

$IR = \text{Peso de cosecha (kg)} / \text{Peso de madera de poda (kg)}$

- Determinación del Índice del Potencial de Fotosíntesis neta (IPF) - Producción o Relación SFEp/fruta. La relación entre la Superficie Foliar Expuesta potencial y la cantidad de fruta producida expresa la relación entre la fuente y la fosa.

$IPF = SFEp (m^2) / \text{Peso de cosecha (kg)}$

- Determinación del Rendimiento fisiológico (RF). Según el modelo propuesto por Carbonneau y Cargnello (2003) basado en los valores de la relación:

$RF = SFEp (m^2) / \text{Capacidad producción materia seca (CPMS, kg)}$

Los análisis estadísticos: se realizaron con el procedimiento del sistema S.A.S/1999 Los análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (0.05) Tukey para las variables por sistema de conducción, teniendo en cuenta el raleo racimos.

Resultados y discusión

I. Año – Arquitectura de la planta – Raleo – Parámetros vitícolas

Se analizó el porcentaje de la varianza total aportada por el año, la arquitectura de la planta y el raleo de racimos para ponderar cuanta influencia tienen estas fuentes de variación sobre los componentes del rendimiento, el peso de poda y los indicadores fisiológicos (Cuadro 1).

El año: tiene un efecto significativo sobre todas las variables analizadas. Los porcentajes más altos de la varianza son sobre el peso de poda y el peso de baya a la cosecha.

La arquitectura de la planta: influye muy significativamente sobre el rendimiento por planta, el número y peso de racimo, el Índice de Ravaz y la Capacidad de producción de materia seca y es significativa su influencia sobre el peso de la madera de poda. Los porcentajes más altos de la varianza se expresan en el rendimiento, en el peso de racimos y en los indicadores

Cuadro 1. Análisis multifactorial de la varianza. Valores de las relaciones de F, probabilidad (P) y porcentaje de la varianza explicada por cada fuente de variación.

Fuente de Variación		Rp	NRp	Pbc	PR	PP	IR	CPMS
Año (A)	Relación F	89,14	72,54	14,3	134,48	17,51	7,09	79,8
	P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0,001	<.0001
	% varianza	3.01	8.14		12.4	31.41	9.08	4.53
Arquitectura de la planta (AP)	Relación F	260,37	143,66	3,2	516,51	6,49	22,31	179,58
	P	<.0001	<.0001	0,0826	<.0001	0,0113	<.0001	<.0001
	% varianza	51,32	35,79		52,43	22,65	35,36	49,29
A x AP	Relación F	4,41	2,6	4,65	44,31	1,15	0,94	4,13
	P	0,0129	0,759	0,0169	<.0001	0,317	0,3908	0,0168
	% varianza	18,05	1,09		5,47	9,37	1,25	11,66
Raleo (R)	Relación F	165,68	491,69	1,34	216,04	0,22	16,67	140,53
	P	<.0001	<.0001	0,255	<.0001	0,638	<.0001	<.0001
	% varianza	20,37	43,95		14,8	0	15,26	23,77
A x R	Relación F	3,62	6,31	1,63	30,99	1,85	1,81	1,51
	P	0,0278	0,002	0,2114	<.0001	0,159	0,1655	0,222
	% varianza	0	1,78		1,78	2,35	2,94	0
AP x R	Relación F	3,98	17,74	0	26,29	4,75	2,37	1,02
	P	0,0467	<.0001	0,949	<.0001	0,03	0,1244	0,3125
	% varianza	1,37	3,73		0,58	8,41	4,39	0,38
A x AP x R	Relación F	4,86	0,05	0,32	31,93	2,05	1,01	3,98
	P	0,0083	0,9501	0,725	<.0001	0,131	0,3639	0,0195
	% varianza	1,88	0		7,81	3,21	1,06	1,38

Rp : Rendimiento por planta, NRp : número de racimos por planta ; Pbc : peso de baya a la cosecha ; PR : peso medio de racimo ; PP : peso de poda ; IR : Índice de Ravaz ; CPMS : Capacidad de producción de madera seca

fisiológicos en acuerdo con los resultados de Carbonneau (1992); González Neves y Ferrer (2000); Ollat (2002), Carbonneau y Cargnello (2003).

El raleo de racimos: tiene un efecto altamente significativo sobre el rendimiento, el número y peso de los racimos y los indicadores fisiológicos. Sin embargo esta práctica no tiene efecto sobre el peso de las bayas o sobre el vigor de la planta medido como peso de poda tal como ha sido comunicado entre otros por Ferrer *et al.* (1997); González Neves y Ferrer (2000); Maigre y Murisier (2002), González Neves (2005). El porcentaje más alto de la varianza es explicada, como se esperaba, sobre el número de racimos.

II. Análisis de la influencia de la arquitectura de la planta, Lira o Espaldera, y el raleo de racimos sobre los parámetros vitícolas y los indicadores fisiológicos

II.1 Parámetros vitícolas (Ver cuadro 2)

II.1.1. Componentes del Rendimiento por planta y por hectárea

La Lira registró rendimientos significativamente superiores a los de la Espaldera en acuerdo con varios trabajos en diferentes situaciones de cultivo y variedades como los de Carbonneau (1980); Castro *et al.* (1991), Smart y Robinson (1991); González Neves y Ferrer (2000); Carbonneau y Cargnello (2003), González Neves *et al.* (2003) y González Neves (2005) (Cuadro 2).

Los porcentajes de aumento del rendimiento para la Lira testigo varían entre el 36,4 % y el 66,3 % en comparación a los rendimientos de la Espaldera, cifras comparables a las comunicadas por Murisier y Zufferey (1997) y superiores a las indicadas por Carbonneau (1992) y Gily (2006).

El raleo de racimos, practicado en enero en cada arquitectura, ha permitido obtener una reducción significativa de los rendimientos por hectárea en todos los años analizados. (Cuadro 2). Si se comparan los tratamientos raleados, los porcentajes del rendimiento superiores de la Lira en relación a la Espaldera, varían según los años entre un mínimo de 50,3 % hasta un

Cuadro 2. Valores medios de los Parámetros vitícolas en los cuatro años según la arquitectura de la planta y el raleo de racimos.

Parámetro Vitícolas	2001			2002			
	LT	LR	ET	LT	LR	ET	ER
Rp (Kg)	10,79 a	6,88 b	2,37 c	8,48 a	4,72 b	3,78c	2,44d
Kg/ha	35957a	22921b	7581c	28264a	15732b	12096c	7808d
NRp	30,6a	17,2c	21,93b	35,8a	16,7c	25,7b	14,53cd
PR (g)	348b	444a	197c	275a	278a	130c	168b
Pbc (g)	1,72a	1,71a	1,72a	1,61b	1,66a	1,50c	1,60b
PP (kg)	1,01b	0,98b	1,20a	0,78b	0,75b	1,07a	0,87b

Parámetros Vitícolas	2003				2004			
	LT	LR	ET	ER	LT	LR	ET	ER
Rp (Kg)	5,95a	4,38b	3,94c	1,54d	6,07a	4,70b	2,13c	1,35d
Kg/ha	19831a	14598b	12608c	4928d	20231a	15665b	6816c	4320d
NRp	25,7a	11,8c	18,5b	7,6c	36,5a	19,9c	26,5b	12,8d
PR (g)	204b	371a	147d	185c	272bc	354a	251c	296b
Pbc (g)	1,93a	1,86ab	1,76ab	1,59b	1,58ab	1,45b	1,63a	1,53ab
PP (Kg)	0,60b	0,62b	0,77a	0,63b	0,74a	0,80a	0,75a	0,84a

Rp : Rendimiento por planta, NRp : número de racimos por planta ; Pbc : peso de baya a la cosecha ; PR : peso medio de racimo ; PP : peso de poda, LT : Lira Testigo ; LR : Lira Raleada ; ET : Espaldera Testigo ; ER : Espaldera Raleada
Las medias seguidas de la misma letra no son diferentes $p = 0,05$ test de Tukey.

máximo de 72,4% en coincidencia con los resultados obtenidos para diferentes variedades por otros autores como Carbonneau *et al.* (1977); Amati *et al.* (1994); González Neves y Ferrer, (2000); Gonzalez Neves (2005).

El número de racimos fue, entre los componentes del rendimiento, el que tuvo mayor influencia sobre este resultado. La cantidad de racimos en todos los años evaluados fue significativamente superior en la Lira comparando los tratamientos testigos. Teniendo en cuenta que en la poda de invierno se dejó el mismo número de yemas por planta en ambos sistemas, este número superior de racimos puede ser explicado por una fertilidad mayor de las yemas de la arquitectura en Lira, consecuencia de condiciones de iluminación más favorables para el proceso de inducción, según ha sido comunicado por varios autores (Carbonneau, 1980; Smart y Robinson 1991; Gily 2006).

El peso medio de racimos fue significativamente superior en la Lira testigo y es otro de los componentes del rendimiento que explica los rendimientos significativamente más altos en esta arquitectura en tres de los cuatro años estudiados, en acuerdo con Keller *et al.* (2005) (Cuadro 2). Una explicación de este resultado, que no ha sido demostrada en este estudio, son las condiciones microclimáticas más favorables a la poli-

nización en la Lira, lo que produciría una mayor tasa de cuajado como ha sido comunicado por Champagnol (1984) entre otros autores.

Según estos resultados este número superior de racimos en la Lira no ha producido un efecto de competencia entre estas fosas. La explicación propuesta es analizando la relación establecida entre la Fuente – Superficie Foliar expuesta potencial y las Fosas – Peso medio de los racimos. En nuestro estudio esta respuesta es de tipo polinomial, por lo que surge que un aumento de la superficie foliar superior al punto máximo, calculado en nuestro estudio de 7629 m² por hectárea, no produciría un aumento proporcional del peso de los racimos, tal como ha sido señalado por Smart y Robinson (1991); Carbonneau y Cargnello (2003) y Lakso y Pool (2005) Figura 1.

En los tratamientos raleados, se registró un aumento del peso de los racimos en comparación a los testigos. Esta diferencia fue significativa estadísticamente para las dos arquitecturas en tres de los cuatro años analizados. (Cuadro 2). Este aumento puede ser explicado parcialmente por un efecto de compensación del peso medio del racimo, así como también a un aumento relativo de este peso en la medida que cuando se practica el raleo se dejan los racimos primarios, normalmente los mejores formados, estos resultados son coin-

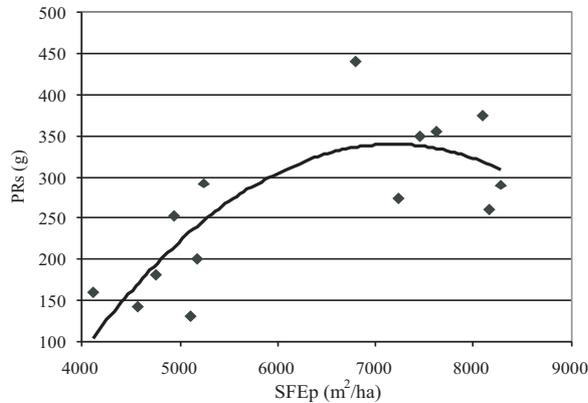


Figura 1. Relación entre la Superficie Foliar Expuesta potencial y el peso del racimo (SFEp) y el peso del racimo (PRs).

cidentes con otras investigaciones como las de Ferrer *et al.*, (1997); González Neves y Ferrer, (2000); Maigre y Murisier (2002); Gonzalez Neves (2005) y Keller *et al.* (2005) para otras variedades.

Es pertinente señalar que el *peso de las bayas*, en los tratamientos raleados, ha aumentado en uno solo de los años estudiados (2002), año en el que no se registró diferencia en el peso de los racimos, por lo tanto esta variable no explicaría el aumento del peso del racimo. Estos resultados están de acuerdo a los obtenidos para otras variedades por Maigre y Murisier (2002); Ferrer *et al.* (2003); González Neves (2005) entre otros (Cuadro 2).

II.1.2. Medida de la vegetación

La superficie foliar, el peso de madera de poda, el largo del pámpano principal el número de días entre floración – cuajado y la fecha de la detención del crecimiento tuvieron una respuesta diferente según la arquitectura de la planta.

La *superficie foliar* fue para todos los años analizados significativamente superior en la Lira como ha sido demostrado por Carbonneau (1980, 1996, 1999), Castro *et al.* (1991), Matti y Storchi (2001), Carbonneau y Cargnello (2003), Gonzalez Neves (2005); Gily (2006) (Figura 2).

Según Smart y Robinson (1991) el 70 % de la fotosíntesis proviene de las hojas expuesta y los valores comunicados por otros autores llegan al 100 %, por lo tanto la mayor superficie de hojas de la Lira debe influir sobre la cantidad y sobre la calidad de la cosecha (Carbonneau, 1992, 1999, Carbonneau y Cargnello 2003).

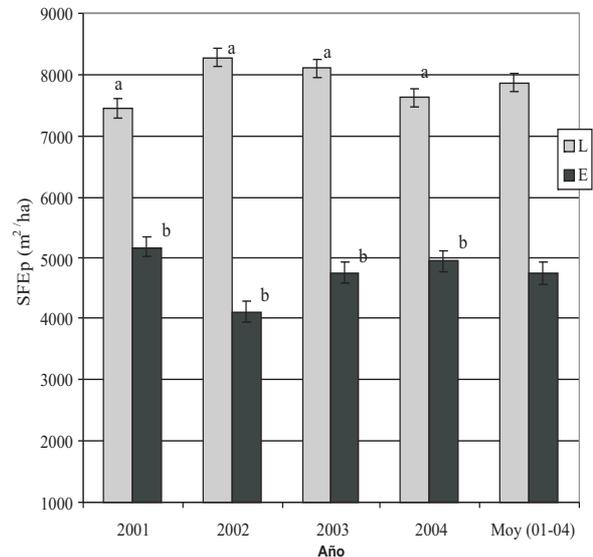


Figura 2. Superficie Foliar Expuesta potencial según el sistema de conducción (SFEp) según el sistema de conducción Lira (L) y Espaldera •.

Las medias seguidas de la misma letra no son diferentes $p = 0,05$ test de Tukey

La variación media de aumento para la Lira en relación a la Espaldera expresada en porcentaje fue de 36,4 % valor próximo al reportado por Gily (2006) e inferior al comunicado por Murisier y Zufferey (1997).

El *peso de poda* en todos los años analizados, ha sido superior en la Espaldera y esta diferencia fue significativa en tres de los cuatro años para los tratamientos testigos, lo que está de acuerdo con los resultados de Castro *et al.* (1991) (Cuadro 2). El aumento medio del peso de poda de la Espaldera, expresado en porcentaje, fue de 13 % en comparación a los valores de la Lira.

El análisis de esta variable para los tratamientos raleados establece que las diferencias significativas se registraron a favor del testigo para la arquitectura en Espaldera, en tres de los cuatro años. Este resultado confirmó los comunicados por Ferrer *et al.* (1997,1998) para la variedad Tannat, en el sentido que el raleo de racimos no produjo modificación en el vigor de las plantas cuando esta práctica se realiza en enero.

El *crecimiento del pámpano* principal fue analizado para el año 2003 pudiéndose establecer diferencias significativas entre las dos arquitecturas para el largo y el número de días entre floración – cuajado y la fecha de detención del crecimiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis multifactorial de la varianza del crecimiento del pámpano principal en el año 2003 en función de la arquitectura de la planta y el raleo de racimos.

Fuente de variación	Arquitectura de la planta (AP)	Raleo (R)	Número de días (D)	AP x R	AP x D	AP x R x D
Relación	20,7	0,366	61,18	1,62	10,32	5,61
F	<.0001	0,5495	<.0001	0,2036	0.001	0,0058

D: número de días desde la floración cuajado y la fecha de detención del pámpano.

La arquitectura de la planta tuvo un efecto significativo sobre el largo total del sarmiento y sobre la duración de su crecimiento. En comparación con la Lira, en la Espaldera, el sarmiento registra un largo medio superior de 21,7 cm, o sea un 22,3 % más, y la duración media del crecimiento es superior en 18,48 días.

La detención más precoz del crecimiento de la Lira, sería la consecuencia del nivel de estrés hídrico moderado registrado en esta arquitectura, (presentado en párrafos siguientes), más aún que esta detención coincide con el momento del envero de las bayas, lo que ha sido demostrado favorable a la maduración por varios autores como Matthews *et al.* (1987); Williams (2001); Naor *et al.* (2002); Van Leeuwen *et al.* (2003) y Ojeda *et al.* (2005).

El modelo ajustado del crecimiento del pámpano es:
Espaldera: $-15,31 + 2,811 t - 0,0108 t^2$

Lira: $-57,6 + 1,707 t - 0,0071 t^2$

En función de la ordenada de origen y de los coeficientes de t (tiempo), se puede afirmar que la velocidad del crecimiento del pámpano de la Lira fue más lenta como consecuencia de la posición inclinada de los pám-

panos así como de una restricción hídrica más precoz e intensa que la Espaldera como será presentado en párrafos siguientes. Esta respuesta se corresponde a los resultados obtenidos por Champagnol (1984), Smart y Robinson (1991), Tregoat *et al.* (2002), Carbonneau y Cargnello (2003).

La expresión vegetativa de los sistemas contrastados muestra que la Espaldera parece favorecer el vigor en tanto la Lira privilegia la fuente fotosintética.

II. 2. Indicadores fisiológicos

II. 2.1. Índice de Ravaz (IR)

El Índice de Ravaz es un indicador del equilibrio entre la producción de fruta y madera del año y cuya importancia radica en la condición de perenne de la vid como es indicado por Champagnol (1984) y Ollat (2002).

Las diferencias de este índice entre la Lira testigo y la Espaldera testigo fueron significativas, con valores superiores en la Lira para tres de los cuatro años (Cuadro 4). Para una misma arquitectura las modalidades

Cuadro 4. Valores medios de los Indicadores fisiológicos para los cuatro años según la arquitectura de la planta y el raleo de racimos.

Indicadores	2001			2002			
	LT	LR	ET	LT	LR	ER	
IR	10,95 a	7,88 b	2,09 c	10,10 a	6,9 b	3,30cd	
CPMS/p	2,67a	1,87b	1,08c	2,03a	1,31 b	0,92cd	
CPMS/ha	8866a	6233b	3456c	7866a	4100b	2432cd	
Indicadores Fisiológicos	2003				2004		
	LT	LR	ET	ER	LT	LR	ET
IR	10,9a	7,41b	6,31b	2,57c	11,10a	9,41ab	9,54ab
CPMS/p	1,49a	1,19b	1,21c	0,62d	2,55a	1,80b	1,68b
CPMS/ha	4333a	4133b	2368c	1632d	8500a	6067b	5376b

IR : Índice de Ravaz ; CPMS/p : Capacidad de producir Materia Seca/planta ; CPMS/ha : Capacidad de producir Materia Seca/hectárea ; LT : Lira testigo ; LR : Lira raleada ; ET : Espaldera testigo; ER : Espaldera Raleada.

Las medias seguidas de la misma letra no son diferentes $p = 0,05$ test de Tukey.

raleadas de la Lira muestran diferencias significativas para dos de los cuatro años y en la Espaldera uno de tres años. Los valores indicativos de una planta equilibrada, determinados para Uruguay en variedades productivas por Ferrer *et al.* (1997), son alcanzados por la Lira. En esta arquitectura, según sea la modalidad testigo o raleada, el valor medio del índice se sitúa en el rango superior o inferior de la clase propuesta. La Espaldera está por debajo de las clases de valores de equilibrio, siendo la más próxima la modalidad testigo

La composición de este índice es diferente para las arquitecturas consideradas. Los valores elevados de la Lira son debidos, principalmente, a una producción alta de fruta, por lo tanto el raleo de racimos mejora el equilibrio de la planta. En la Espaldera, la componente “peso de madera de poda” es relativamente importante, por lo que una disminución de la producción de fruta tiene como resultado una disminución del valor del índice y como consecuencia plantas más desequilibradas.

De acuerdo con estos resultados la Lira se presenta como un sistema más equilibrado en la relación producción de fruta – madera. En la medida que este equilibrio tiene efectos positivos sobre la acumulación de reservas en las partes permanentes (tronco y raíces) se deduce que esta arquitectura puede soportar una producción de uva importante y que es un sistema más sostenible en el tiempo (Carbonneau *et al.*, 1977, Amati *et al.*, 1994, Carbonneau 1992; González Neves y Ferrer 2000; Ollat 2002, Carbonneau y Cargnello 2003).

II.2.2 Capacidad de Producción de Materia Seca (CPMS)

La Capacidad de Producción de Materia Seca de la planta está en relación con la acumulación de reservas en sus órganos perennes (Carbonneau 1996; Carbonneau y Cargnello, 2003).

La Lira testigo tiene valores significativamente superiores a los de la Espaldera y a los de las modalidades raleadas en coincidencia con los resultados de Carbonneau (1996). En dos de tres años la Lira raleada no registró diferencias significativas con la Espaldera testigo (Cuadro 4).

Al igual que para el Índice de Ravaz, el “rendimiento en fruta” es el principal componente de producción de materia seca anual de la Lira mientras que para el caso de la Espaldera lo es la producción de « madera de poda ». Por lo tanto este indicador fisiológico demuestra una capacidad de producción de fruta superior en la Lira que en la Espaldera. La disminución de la capacidad de producir materia seca en las modalidades

raleadas es por lo tanto, la consecuencia de una reducción programada del peso de cosecha en racimos.

Este indicador junto con el Índice de Ravaz, apoya la afirmación que en términos generales, la arquitectura en Lira, al mantener un equilibrio entre la producción de fruta y madera (reservas) tiene mayor capacidad fisiológica de producir uva en coincidencia de los resultados encontrados por Carbonneau y Cargnello (2003) en variedades y situaciones de cultivo diferentes.

II.2.3. Rendimiento fisiológico o Relación entre la Superficie foliar y la Producción de Materia Seca (IRF)

Un indicador de la relación fuente – fosa es la relación entre la superficie foliar expuesta potencial (SFEp) y la producción anual de materia seca (CPMS), relación que es a su vez, un indicador del equilibrio fisiológico (Carbonneau 1999; Ollat 2002, Carbonneau y Cargnello 2003).

Los resultados obtenidos han permitido establecer una relación significativa entre la fuente (superficie foliar) y las fosas (producción de materia seca anual) así como que los sistemas de conducción tienen un tipo de respuesta diferente, lo que está de acuerdo con lo afirmado por Carbonneau (1996) y Carbonneau y Cargnello (2003) (Figura 3).

En este estudio se encontró en la Lira una relación de tipo polinomial, con un máximo que fue estimado en 7.317,9 m² superficie foliar expuesta potencial por hectárea. Esta respuesta pone en evidencia la regulación natural del sistema en la producción de materia seca cuando se llega a niveles elevados de la SFEp, en acuerdo a lo comunicado por Smart y Robinson (1991), Katerji *et al.* (1994), Carbonneau (1996), Carbonneau y Cargnello (2003).

Para el caso de la Espaldera, la descripción sugiere que la tendencia es de tipo exponencial, pero de acuerdo a lo demostrado en párrafos anteriores, se priorizaría la producción de madera. En este estudio el valor máximo fue estimado en 5240 m² de superficie foliar expuesta potencial por hectárea (Figura 3)

La relación entre la Superficie Foliar y la Producción total de materia seca es un indicador del funcionamiento del sistema más preciso que la relación Superficie Foliar – Producción de fruta en la medida que tiene en cuenta también la producción de madera del año. La Lira testigo tiene un valor de 1.54 y la Espaldera testigo este valor es de 1.28, lo que significa un 20 por ciento superior para el primer sistema (Figura 4). Por otra parte el valor de esta relación, para el caso de la Lira testigo, es muy cercano al valor de situación de equilibrio de

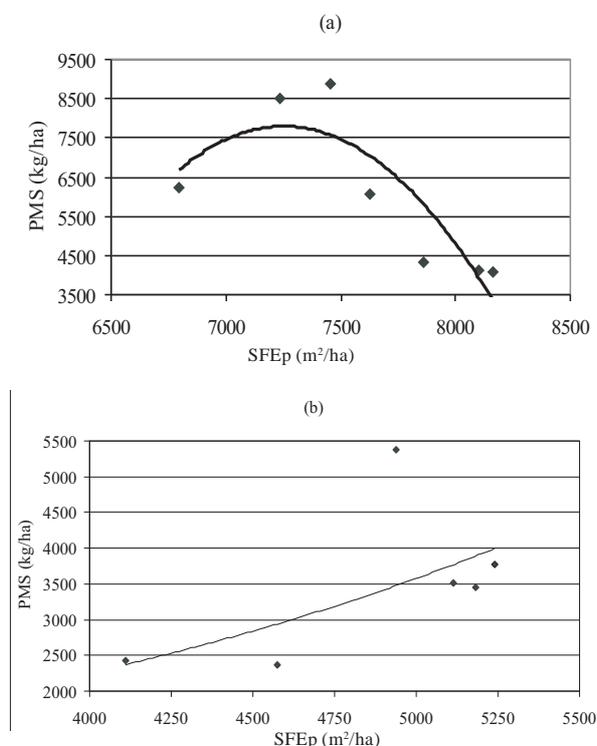


Figura 3. Relación entre la superficie foliar expuesta potencial y la producción de materia seca para la Lira y tendencia para la Espaldera al (SFEp) y la producción de materia seca (PMS) en la Lira (a) y Espaldera (b).

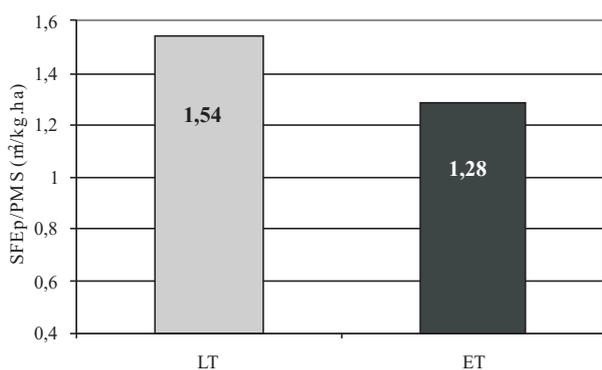


Figura 4. Relación entre la superficie foliar expuesta potencial y la producción de materia seca anual según el sistema de conducción Lira Testigo y Espaldera Testigo. Valores medios 2001-2004.

1,5 citado por Carbonneau y Cargnello (2003), para diversas situaciones de cultivo, en la cual la viña está sometida a una restricción hídrica moderada por efecto de una superficie foliar evaporante mayor. Por el contrario en el caso de la Espaldera testigo al disponer de una superficie foliar más reducida estaría en una situación de evapotranspiración mínima en acuerdo a lo comunicado por Van Leeuwen *et al.* (2003) y Lakso y Pool (2005).

II.2.4 Índice del Potencial de Fotosíntesis neta - Producción o Relación Superficie foliar – Rendimiento (SF/R)

El Índice Superficie foliar Total – Rendimiento tiene un interés fisiológico en la medida que pone en relación la fuente fotosintética y la fosa de racimos según lo comunicado por Kliewer y Weaver (1971), Murisier y Zufferey (1997), Maigre y Murisier (2002), Zufferey y Murisier (2005)

El valor que se determinó del índice es 23 % superior en la Espaldera con respecto a la Lira, variando de un mínimo de 1,04 m²/kg de uva en la Lira testigo a un máximo de 2,07 m²/kg en la Espaldera raleada, siendo este último significativamente superior al de los otros tratamientos. Estos valores son comparables a los indicados en la bibliografía (Kliewer y Weaver 1971, Murisier y Zufferey 1997, Maigre y Murisier 2002) (Figura 5).

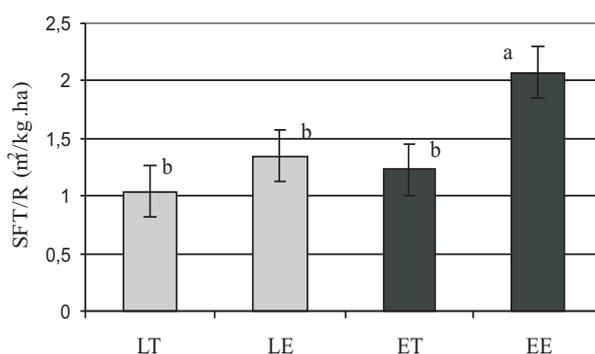


Figura 5. Índice de la Superficie foliar total/Rendimiento según el sistema de conducción Lira Testigo (LT), Lira Raleada (LE) Espaldera Testigo (T), Espaldera Raleada (EE). Valores medios 2002-2004. Las medias seguidas de la misma letra no son diferentes $p = 0,05$ test de Tukey.

La regulación del rendimiento con el raleo de racimos produce un cambio de la relación fuente-fosa produciendo un aumento de esta relación en los dos sistemas. Esta modificación podría explicar la mejora en los parámetros de la calidad de la uva en los tratamientos raleados, en particular para el caso de la Lira, de acuerdo con lo comunicado para otras variedades por Ferrer *et al.* (1997); González Neves y Ferrer (2000); Maigre y Murisier (2002); González Neves, (2005). Los valores elevados de la Espaldera raleada, se pueden traducir en una superposición del follaje con consecuencias negativas sobre la composición de las bayas tal como lo comunican Smart y Robinson (1991) entre otros.

Si se compara la respuesta para el Índice *Superficie foliar expuesta potencial – Rendimiento* los resultados son comparables a los registrados en la relación con la superficie foliar total.

En los tratamientos testigo (LT y ET) el valor del índice es, para la Espaldera, 43 % superior al de Lira. Los valores extremos del índice varían de un mínimo de 0,35 m²/kg de uva para la Lira testigo a un máximo de 0,8 m²/kg de uva en la Espaldera raleada. En general, los valores determinados en este estudio están por debajo de los indicados por la bibliografía, siendo los raleados los que alcanzan los valores de referencia propuestos por Carbonneau y Cargnello (2003).

En base a los resultados presentados se puede afirmar que la arquitectura en Espaldera demanda una superficie foliar mayor por kilo de racimo producido. Por otra parte, para los tratamientos raleados este índice aumenta como consecuencia de la reducción del rendimiento de fruta, por lo que esta práctica puede regular la relación fuente-fosa. En el caso de la Espaldera raleada, el valor del índice, prácticamente duplica el de la Lira testigo, lo que parece exceder las necesidades fisiológicas de la producción de uva en tanto, como se mostró, hay un desvío de fotosintatos hacia el crecimiento vegetativo en la Espaldera. Este resultado pone en duda la pertinencia de la práctica de raleo de racimos en esta situación. En la Lira raleada, este valor es de 1,35 m²/kg, es decir que hay una mejora en la relación fuente-fosa en relación al testigo (1,04 m²/kg).

Los resultados presentados del equilibrio entre la producción de fruta y la producción de madera, el nivel de la actividad metabólica, el rendimiento fisiológico y la relación entre la fuente y las fosas de las dos arquitecturas corroboran los resultados de Carbonneau (1992); Murisier y Zufferey (1997); Maigre y Murisier (2002); Ollat (2002) y Zufferey y Murisier (2005) en el sentido que la Lira tiene un rendimiento fisiológico su-

perior y muestra un equilibrio fisiológico entre la fuente y la fosa.

III. Análisis de la influencia de la arquitectura de la planta sobre su estado hídrico

El seguimiento del estado hídrico de la planta, medida como potencial foliar de base, según los estados fenológicos muestra, además del efecto año, que la arquitectura en Lira para todos los años analizados registra valores significativamente más bajos durante la maduración que los de la Espaldera en acuerdo a lo señalado por Castro *et al.* (1991); Carbonneau (2001); Carbonneau y Cargnello (2003); Lakso y Pool (2005), Ojeda *et al.* (2005) (Figura 6).

Los valores registrados del potencial hídrico son diferentes para los años estudiados, así como el estado fenológico en que llega al máximo. A partir del enero comienzan a registrarse diferencias significativas en el potencial de base de la Lira en comparación a la Espaldera y estas diferencias de potencial se mantienen hasta el final del ciclo del cultivo.

Según Champagnol (1984) y Carbonneau (1992) a partir del enero se instala la Superficie foliar máxima y su capacidad de evaporación está asociada a la alta temperatura que se registra en enero, el mes más cálido en nuestro país.

En tres de los cuatro años desde el enero y hasta cosecha se registran en la Lira, rangos de estrés medio, así mismo durante la cosecha para el año 2004, el valor se sitúa en rangos de estrés fuerte de acuerdo a los valores comunicados por Ojeda *et al.* (2005) y Zufferey y Murisier (2005). En el caso de la Espaldera los valores considerados en el rango de estrés moderado son alcanzados en dos de los cuatro años, en el período de enero del 2002 y en la cosecha del 2004.

Esta respuesta diferencial de la planta a la disponibilidad hídrica puede imputarse a la influencia ejercida por la arquitectura de la planta y en particular a la dimensión de su superficie foliar. Como se demostró la arquitectura en Lira es la que tiene mayor superficie foliar y en concordancia, los potenciales hídricos de base, en valor absoluto, significativamente superiores en comparación con los valores de la Espaldera.

Otro indicador para evaluar la respuesta de la planta a la demanda de agua atmosférica es el coeficiente *kc* del cultivo, por lo que se calculó este coeficiente según la arquitectura de la planta. Los valores de *kc* registrados son 0,61 para la Lira y de 0,44 para la Espaldera, estos valores están por debajo de los comunicados por Williams (2001) y más próximos a los resultados de

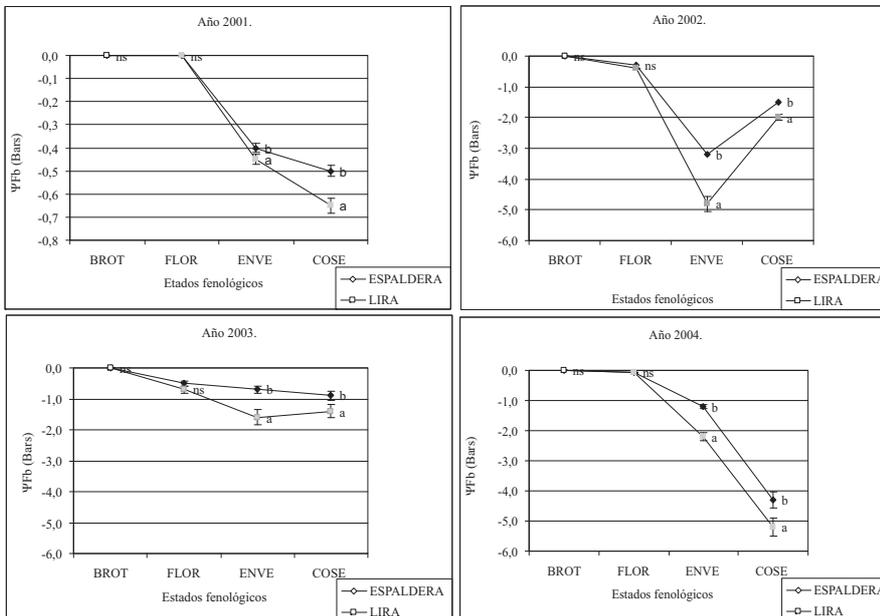


Figura 6. Evolución del potencial foliar de base entre la brotación y la cosecha. Brotación (BROT), Floración-Cuajado (FLOR), Envero (ENVE), Cosecha (COSE). Años 2001-2004

Las medias seguidas de la misma letra no son diferentes $p = 0,05$ test de Tukey.

Carbonneau (2001) para estas arquitecturas. Estas dos medidas: potencial hídrico y coeficiente de cultivo, apoyan la hipótesis de una evapotranspiración aumentada en el sistema en Lira en relación a la Espaldera, resultados que están de acuerdo a los obtenidos por Tregoat *et al.* (2002); Van Leeuwen *et al.* (2003); Lakso y Pool (2005); Ojeda *et al.* (2005). La arquitectura en Lira se presenta como una herramienta performante para regular el agua, especialmente en situaciones de clima con excesos de lluvia durante la maduración de la uva como ocurre en algunos años en Uruguay.

Una consecuencia inmediata de esta diferencia en el estado hídrico de las arquitecturas es su marcada influencia sobre la expresión vegetativa expresada como peso de madera de poda (Figura 7).

En el caso de la Lira, la respuesta es bien marcada y se traduce por una disminución del peso de madera de poda en respuesta al aumento, en valor absoluto, del potencial foliar de base.

Como ha sido demostrado, la Lira registra para los años de estudio, los pesos de madera de poda más bajos lo que puede ser bien explicado por los niveles más elevados de estrés hídrico. En la Espaldera se registra también una regulación del peso de madera de poda pero, como los valores alcanzados de potencial hídrico son más bajos, en valor absoluto, que los de la Lira, la regulación del crecimiento vegetativo es menos marcada. Estos resultados son coincidentes con los de Zufferey y Murisier (2005).

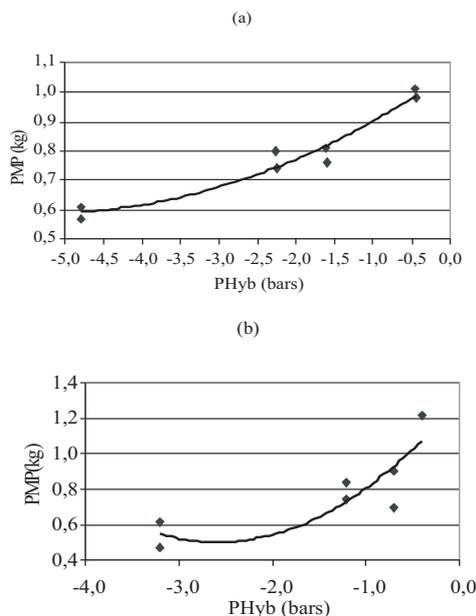


Figura 7. Relación entre el potencial hídrico foliar de base y el peso de madera de poda en la Lira y la Espaldera.

Conclusiones

1. Las arquitecturas confrontadas muestran diferencias en los parámetros vitícolas y en los indicadores fisiológicos analizados. Estas diferencias son puestas en evidencia por la respuesta de las plantas en rendimiento, en la expresión vegetativa y en la capacidad de regular el agua.

El rendimiento en fruta de la Lira es significativamente superior al de la Espaldera lo que puede ser explicado por una superficie foliar expuesta superior, crecimiento vegetativo inferior e indicadores fisiológicos con valores de planta equilibrada.

2. El mayor rendimiento fisiológico de la Lira explica la capacidad de esta arquitectura de soportar rendimiento en fruta importante sostenible en el tiempo
3. La arquitectura de la planta modifica el estado hídrico medido como potencial foliar de base según los estados fenológicos.

Para los años estudiados la Lira presentó valores del potencial hídrico más bajos que la Espaldera y situados en los rangos de estrés moderado explicado por la dimensión y la disposición de la superficie foliar del sistema.

Esta respuesta diferencial hace proponer a la Lira como una herramienta útil para regular el agua, especialmente en condiciones de clima lluvioso durante la maduración de la uva.

Para la variedad Merlot globalmente la Lira se presenta como una arquitectura mas adaptada a las condiciones agroecológicas del Uruguay

Agradecimientos

Los autores agradecen al Establecimiento Juanico, al Ing. Agr. G. Blumetto, Enol. L. Pua, Ings. Agrs. G. Camussi y D. Piccardo

Al Programa de Desarrollo Tecnológico de la DINACYT por el apoyo financiero obtenido a través de la beca de estudios PDT S/C/BE/20/21

Bibliografía

- Amati, A.; Marangoni, B.; Zironi, R.; Castellari, M.; e Arfelli, G.** 1994. Prove di vendemmia differenziata. Effetti del diradamento dei grappoli sulla fisiologia della vite (Nota III). *Riv. Vitic. Enol.* 3. 3 –12.
- Carbonneau, A.** 1980. Recherche sur les systèmes de conduite de la vigne. Essai de maîtrise du microclimat et de la plante entière pour produire économiquement du raisin de qualité. Thèse PhD Pont de la Maye: 240 p.
- Carbonneau, A.** 1992. La teneur en sucres du raisin. *Le Progrès Agricole et Viticole.* 109 (22) 495 – 501.
- Carbonneau, A.** 1995. La surface foliaire exposée – guide pour sa mesure. *Le Prog Agric Vitic* 9. 204-212.
- Carbonneau, A.** 1996. Interaction “Terroirs x Vigne”: facteurs de maîtrise du micro-environnement et de la physiologie de la plante en rapport avec le niveau de maturité et les éléments de typicité. *1^{er} Colloque International. Les Terroirs Viticoles.* Concept Produit Valorisation. Angers, France. 147-153.
- Carbonneau, A.** 1999. Système de conduite du vignoble : résultats du réseau méditerranéen français. *Le Progrès Agricole et Viticole.* 116, 22, 483 – 485.
- Carbonneau, A.** 2001. Influence des facteurs climatiques sur la constitution des raisins. In *Compte Rendu XII GESCO*, Vol. 2. Montpellier - Francia. 657-658.
- Carbonneau, A.; Casteran, P. et Leclair, PH.** 1977 Régularisation de la production et de la qualité des vins rouge par rognage, l’effeuillage et l’éclaircissage. *Vignes et Vins* 256. 19-27
- Carbonneau, A. et Cargnello, G.** 2003 Architectures de la vigne et systèmes de conduite. Ed. La vigne Dumond, Paris 187p.
- Castro, R.; Lopes, C.; Almeida, C. et Afonso, J.** 1991. Caractérisation écophysologique de deux systèmes de conduite de la vigne cv. Cabernet sauvignon. In : C.R. *GESCO Conegliano -Italie.* 189 - 194
- Champagno, L. F.** 1984. Eléments de physiologie de la vigne et viticulture générale. Imp. Dehan, Montpellier 351p
- Ferrer, M.; González-Neves, G.; Burgueño, J.; Gabard, Z. y Camussi, G.** 1997. Influencia de la intensidad de la poda y el raleo de racimos sobre la relación fuente-fosa en *Vitis vinifera* L. Cv. *Tannat*. In Actas. *XXII Congrès Mondial de la vigne et du vin.*, Buenos Aires, Argentina.
- Ferrer, M.; González, G.; Burgueño, J. y Gil, G.** 1998. Efecto de la regulación de la producción por planta mediante diferentes intensidades de poda invernal, raleo químico y raleo manual de racimos sobre los parámetros productivos y enológicos del cv. Tannat. In Actas del *XXIII Congreso Mundial de la viña y el vino.* Lisboa pp.1-42 - 1-50.
- Ferrer, M.; González-Neves, G. y Camussi, G.** 2001. L’ evolution des systèmes de conduite du vignoble uruguayen. Résultats productif et oenologiques. In: C.R. *XII GESCO Vol. 2. Montpellier – France* 597 – 605.
- Ferrer, M., González Neves G. y Camussi G.** 2003. Ensayos comparativos del efecto del raleo de racimos en enero y cuajado sobre los parámetros productivos, vegetativos y enológicos en la variedad Tannat . In: C.R. *XIII GESCO, Montevideo- Uruguay.* 133-136.
- Ferrer, M.; Pedocchi, R.; Michelazzo, M.; González, G. y Carbonneau, A.** 2007 Delimitación y descripción de regiones vitícolas del Uruguay en base al método de clasificación climática multicriterio utilizando índices bioclimáticos adaptados a las condiciones del cultivo. *Agrociencia Vol 2 N°1* 47-56.
- Gily, M.** 2006 Les modes de conduite à feuillage déployé. 1ère partie Infowine.com revue internet de viticulture et oenologie, 2006, n. 10.
- Giulivo, C.; Pitacco, A.; Meggio, F. and Tornielli, G.B.** 2005. Effect of training system and pruning on bud fertility of *Vitis vinifera* L. cv. Corvina Veronese. In : C.R. *XIV GESCO, Vol. 2 Greisenheim - Allemagne.* 432-439.

- Gonzalez Neves, G.** 2005. Etude de la composition polyphénolique des raisins et de vins des cépages *Merlot*, *Cabernet sauvignon* et *Tannat* provenant de vignes conduites en lyre et en espalier dans le sud de l'Uruguay. Thèse de Doctorat ENSA Montpellier. 279 p.
- Gonzalez-Neves, G. y Ferrer, M.** 2000. Estudio plurianual de distintas técnicas de manejo del viñedo sobre los parámetros productivos y la composición de vinos tintos de la variedad Tannat. *Vitic. Enol. Prof.* 66 : 30 -43.
- Gonzalez-Neves, G.; Ferrer, M.; Carbonneau, A. y Moutounet, M.** 2003. Composición y color de vinos tintos provenientes de viñedos de la variedad Tannat conducidos en lira y en espaldera. In: *In Comptes rendues XIII GESCO*, Montevideo – Uruguay 158- 161.
- Katerji, N.; Daudet, F.A.; Carbonneau, A. et Ollat, N.** 1994. Etude a l'échelle de la plante entière du fonctionnement hydrique et photosynthétique de la vigne: Comparaison des systèmes traditionnel et en Lyre. *Vitis*. 33, 197-203.
- Keller, M.; Mills, L.J.; Wample, R.L. and Spayd, S.E.** 2005. Cluster thinning effects on three deficit- irrigated *Vitis vinifera* cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.* 56 (2) 91-103.
- Kliewer, W. M. and Weaver, R. J.** 1971. Effect of crop level and leaf area on growth composition, and coloration of "Tokay" grapes. Annual meeting of the American Society of Enology, Palo Alto, California, 1971. 172- 177.
- Lakso, A.N. and Pool, R. M.** 2005. Drought stress on vine growth, function, ripening and implications for wine quality. *29th Annual New York Wine Industry Workshop*. 86-90.
- Lebon, E.; Schultz, H. et Dummas, V.** 1995. Applications d'un modèle d'interception du rayonnement solaire par la vigne pour la simulation du bilan hydrique et de la photosynthèse a l'échelle du couvert: résultats préliminaires. *In Comptes rendues X GESCO*: Lisboa, 31-38.
- Maigre, D. et Murisier, F.** 2002 Influence du rapport feuille/ fruit sur la qualité des moûts et des vins. Actes du Colloque Gestion du rendement vers une recherche de la qualité. Toulouse-France 31-34
- Mathews, M. A., Cheng G. y Weinbaun, S. A.** 1987. Changes in water potential and dermal extensibility during grape berry development. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 112: 314- 319.
- Matti, G.B. and Storchi, P.** 2001. Grapevine production efficiency as affected by trellising system. *In Compte Rendu XII GESCO*, 285-290
- Morrison, J. and Noble, A.C.** 1990. The effect of leaf and cluster shading on the composition of *Cabernet sauvignon* grapes and on fruit and wine sensory properties. *Am. J. Enol. Vitic.* 41, 3, 193-200.
- Murisier F. et Zufferey, V.** 1997. Rapport feuilles-fruits de la vigne et qualité du raisin. *Revue Suisse Viti. Arboric. Hortic.* 18 (3) : 149-156.
- Naor, A.; Gal, Y. and Bravdo, B.** 2002. Shoot and cluster thinning influence vegetative growth, fruit yield, and wine quality of *Sauvignon blanc* grapevine. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127 (4): 628-634.
- Ojeda, H.; Carrillo, N.; Deis, L.; Tisseyre, B.; Heywang, M. and Carbonneau, A.** 2005. Precision viticulture and water status II: quantitative and qualitative performance of different within field zones, defined from water potential mapping. . *In Comptes rendues XIV GESCO*, Vol. 2, Greisenheim - Allemagne. 741-748.
- Ollat, N.** 2002 Influence des systèmes de conduite sur la production de raisins In. Actes du Colloque : Gestion du rendement vers une recherche de qualité. 3-13p.
- Scholander, P.; Hammel, H.; Branbsreer, E. and Hammingsen, E.** 1965. Sap pressure in vascular plant. *Sciences* 148, 339-346.
- Smart R. and Robinson, M.** 1991. Sunlight into wine. A handbook for winegrape canopy management. *Ministry of Agriculture and Fisheries, New Zealand*, 88p.
- Tregoa, O.; Van Leeuwen, C.; Choné, X. et Gaudillère, J.P.** 2002. Etude du régime hydrique et de la nutrition azotée de la vigne par des indicateurs physiologiques. Influence sur le comportement de la vigne et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* L. cv *Merlot*, 2000, Bordeaux). *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 36, 3, 133-142.
- Tonietto, J. and Carbonneau, A.** 2004 A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide *Agric. Fort. Meto.* 124 , 81-97.
- Van Leeuwen, C.; Tregoa, O.; Chone, X.; Jaeck, M. E.; Rabusseau, S. et Gaudillere, J.P.** 2003. Le suivi du régime hydrique de la vigne et son incidence sur la maturation du raisin. *Bull. O.I.V.* 867-868, 367-379.
- Williams, L.** 2001. Irrigation of grapevines in California. Gestion de l'eau dans le vignoble. *In Comptes rendues XII GESCO* Montpellier, France. 63-74.
- Zufferey, V. and Murisier, F.** 2005. Leaf to fruit ratio and photosynthetic capacity of foliage in grapevines (cv. *Chasselas*). *In Comptes rendues XIVGESCO*, Vol. 2, Greisenheim, -Allemagne. 559-566.