

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE BAYAS DE *Vitis vinifera* EN SISTEMAS DE CONDUCCIÓN CON DOSEL DIVIDIDO: una revisión

PRODUCTIVITY AND QUALITY OF BERRIES OF *Vitis vinifera* IN DIVIDED CANOPY TRAINING SYSTEMS: a review

Juan Rodríguez-Gaeta^{1*}, Teresita Ruiz-Anchondo², Damaris Ojeda-Barríos², y Rafael Parra-Quezada²

¹ Estudiante de Posgrado, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma Chihuahua, Cd. Universitaria, Chihuahua, Chih., México C. P. 31310.

² Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.

*Autor de correspondencia E-mail: juanrodriguez310.71@gmail.com

RESUMEN

Se entiende por sistema de conducción al conjunto de prácticas que determinan la forma del dosel vegetal en las vides, y es un factor significativo en la productividad y en la obtención de uvas con atributos enológicos. El objetivo de esta revisión es conocer la influencia de algunos sistemas como la Lira, Geneva Doble Cortina (GDC), y Espaldera o Posición de Brote Vertical (VSP), sobre el rendimiento y composición de las uvas. Los efectos de los sistemas de conducción en la vid son variados: determinan la disposición espacial del follaje y de los racimos, modificando el microclima en el área de racimos e incidiendo de manera fundamental en la regulación del potencial hídrico, el potencial fotosintético, el rendimiento, la calidad del vino, el crecimiento de las raíces y la composición de la uva. El desarrollo de la vitivinicultura es una actividad promisoría para el estado de Chihuahua, México; durante el año 2010 se establecieron viñedos en algunas regiones con el propósito de elevar la competitividad en el sector frutícola y además elaborar vinos de mesa. En este sentido es importante considerar las aportaciones de investigaciones anteriores. Los resultados de los estudios analizados en este trabajo indican que los sistemas de conducción con dosel dividido pueden elevar la productividad de los viñedos sin afectar la calidad de las bayas. Los beneficios que se derivan de la división del dosel en los viñedos vigorosos se basan en disminuir el vigor y en la modificación general de la arquitectura.

Palabras clave: atributos enológicos, microclima, potencial hídrico, rendimiento, vitivinicultura.

ABSTRACT

A training system is a set of practices that determines the canopy shape of vines. Training systems are a significant factor in the yield and production of grapes with winemaking attributes. The aim of this review is to determine the influence of some systems, such as Lira, Geneva Double Curtain (GDC) and trellis or Vertical Shoot Position (VSP) on yield and grape composition. The effects of training systems on the vine are varied. They determine the spatial arrangement of foliage and clusters, modifying the microclimate in the cluster area and making an important contribution to the regulation of water potential, photosynthetic potential, yield, quality of wine, root growth and grape composition. The development of the wine industry is a promising activity in Chihuahua State, Mexico. In 2010, vineyards were established in some areas in order to increase competitiveness in the fruit sector and to develop table wines. In this regard, it is important to consider the contributions of previous research. The results of the studies reviewed in this paper indicate that divided canopy

training systems can increase the productivity of vineyards without affecting the quality of the berries. The benefits resulting from the division of the canopy in vigorous vineyards are a reduced vigor and a general modification of the canopy architecture.

Key words: oenological properties, microclimate, water potential, yield, viticulture.

INTRODUCCIÓN

Se entiende por sistema de conducción al conjunto de prácticas agronómicas que determinan la forma del dosel vegetal del viñedo (Hidalgo et al., 2008), el cual tiene un efecto directo cuando se consideran los procesos de la planta y su ambiente (Ferrer et al., 2008), y dan como resultado interacciones complejas entre la fisiología vegetal, las características arquitectónicas, las prácticas agronómicas y las condiciones ambientales (Willlaume et al., 2004). Los efectos de los sistemas de conducción en la vid son variados (Serra et al., 2009); determinan la disposición espacial del follaje y de los racimos, modificando el microclima e inciden de manera fundamental en la regulación del potencial hídrico, el potencial fotosintético, el rendimiento (González-Neves y Ferrer, 2008), la calidad del vino, el crecimiento de las raíces (Serra et al., 2009) y la composición de la uva (Downey et al., 2004; González-Neves y Ferrer, 2008).

Varios estudios han encontrado que la forma de la vegetación tiene una marcada influencia sobre el rendimiento, la maduración de la uva y sobre la regulación del agua en la planta (Ferrer et al., 2008). Por lo tanto la arquitectura de la planta influye en un gran número de respuestas fisiológicas y procesos físicos (Louarn et al., 2008b).

También hay una relación entre el sistema de conducción, y la distribución de las raíces (Deloire et al., 2004), ya que la producción de raíces puede verse afectada por la fotosíntesis de la planta, la cual a su vez puede ser afectada por la intercepción de luz y el área foliar (Eissenstat, 2007), que tienen efecto en el estado hídrico de la planta (Deloire et al., 2004). El microclima del dosel está determinado por la arquitectura de cada cultivar y los métodos que modifiquen el dosel (Louarn et al., 2008a). La elección del sistema de conducción, la poda de invierno, un manejo adecuado del dosel, con un buen reparto de brotes sobre el cordón, e intervenciones en verde, son indispensables para conseguir un microclima óptimo del racimo y reducir la heterogeneidad de la maduración de las bayas (Deloire y Hunter, 2005).

Microclima en la zona de racimos

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 (Ferrer et al., 2008); la disposición de los sarmientos pue-

den modificar la exposición del área foliar para maximizar la intercepción de la luz, lo que lleva a un mayor potencial de rendimiento; la optimización del área foliar se relaciona con fruta de mayor calidad (Reynolds y Vanden, 2009).

Los sistemas de conducción se han modificado a lo largo de la historia del cultivo de la vid para conseguir aumentar la intercepción de radiación solar por parte del dosel, y mantener un microclima luminoso y térmico óptimo en la zona de racimos (De la Fuente et al., 2007). Las hojas absorben parte del espectro de luz, por lo tanto la cantidad de luz disminuye a medida que los rayos de luz pasan a través del follaje (Espinosa et al., 2010). Las hojas son las principales responsables de la generación de sombra dentro de las plantas, lo cual puede causar una disminución en el rendimiento y en la calidad de bayas (Almanza-Merchán et al., 2012), ya que no sólo el crecimiento y el rendimiento, sino también la calidad es directamente proporcional a la relación de área foliar expuesta a peso de la fruta (Reynolds y Vanden, 2009).

El sistema de conducción permite modificar la cantidad de hojas y su distribución en el espacio, lo que influye decisivamente en el grado de sombreadamiento del dosel (De la Fuente et al., 2007). La dinámica de cambio de color es fuertemente influenciada por las diferentes condiciones de radiación y térmicas (Rustioni et al., 2006); microclimas luminosos adecuados en la zona de racimos producen aumentos en la síntesis de antocianos y polifenoles comparados con racimos sombreados (De la Fuente et al., 2007). El metabolismo de los antocianos responde tanto a cambios en las condiciones de luz como de temperatura; la luz es un factor limitante en la acumulación de antocianos, sobre todo en la primera parte de la maduración (Nazralla, 2008). Microclimas sombreados producen mostos con menor pH, sólidos solubles totales (SST) y mayor acidez (De la Fuente et al., 2007). En este sentido los sistemas de conducción deben maximizar el porcentaje de hojas expuestas y minimizar el porcentaje de hojas en el interior del dosel (Reynolds y Vanden, 2009).

El efecto de diferentes condiciones de microclima da como resultado diferencias estadísticamente significativas en el perfil de antocianinas como se muestra en la Tabla 1. Estos resultados fueron obtenidos por Rustioni et al. (2006), al correlacionar durante el período de maduración el nivel de exposición a la luz de los racimos con

Tabla 1. Porcentaje de antocianidinas no-metiladas (cianidina y delphinidina) en forma libre y acilados en relación con el tratamiento experimental: racimos expuestos a la radiación directa (expuesto), racimos protegidos por una capa foliar (cubierta foliar) y los racimos recubiertos por cajas (cajas).

Los promedios de muestreo de tiempo marcados con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P \geq 5\%$).

Table 1. Percentage of no-methylated anthocyanidins (cyanidin and delphinidin) in free and acylated forms in three experimental conditions: exposed bunches (espuesto), bunches below a leaf layer (foglie) and bunches inside the screen box (scatola).

For the same sampling time, means followed by the same letter are not statistically different ($P \geq 5\%$).

Tratamientos	Fecha de muestreo (días después de pinta)			
	17	29	47	65
Racimo expuesto	31,75 a	29,01 a	22,11 a	20,75 a
Racimo bajo cubierta foliar	25,80 b	23,09 b	15,28 b	17,29 a
Racimos en cajas	16,37 c	15,66 c	10,82 b	9,91 b

Fuente: Rustioni et al., 2006.

la concentración de antocianidinas no-metiladas (cianidina y delphinidina), con niveles de aproximadamente el doble en racimos expuestos a radiación directa, en comparación con los racimos en cajas, y con un comportamiento intermedio de los racimos protegidos por una capa foliar. El estudio se realizó en viñedos de varietal Nebbiolo ubicado en el Municipio de Torrazza Coste, región de Lombardía, en Italia.

La luz incidente tiene gran importancia en el desencadenamiento de los procesos de acumulación de antocianinas, sobre todo en la última parte del período de maduración, incluso en condiciones de luz muy bajas (Rustioni et al., 2006). Una diferencia relevante entre los sistemas de conducción se relaciona con el microclima de los racimos y las hojas, que incide de manera importante en la composición de la uva (González-Neves y Ferrer, 2008). Los beneficios que se derivan de la división del dosel en los viñedos vigorosos se basan en disminuir el vigor, así como la modificación general en la arquitectura. Estas situaciones conducen a mejorar la relación del dosel y el microclima luminoso en el área de racimos, asimismo los impactos fisiológicos de la vid dan mayor concentración de compuestos aromáticos (Reynolds et al., 2004).

Influencia de la parte aérea en el crecimiento de la raíz

Es difícil predecir la compleja interacción entre los órganos aéreos y el sistema radical, así como el efecto del manejo de dosel en el crecimiento de las raíces y su desarrollo (Serra y Carey, 2010). Las raíces de los árboles frutales se han estudiado durante mucho tiempo, sin embargo, sólo recientemente se han producido avances significativos en la comprensión de esta parte fundamental de

la planta (Eissenstat, 2007). La densidad de raíz puede estar regulada conjuntamente por factores exógenos y endógenos (Comas et al., 2005), como el área foliar (Eissenstat, 2007), la disponibilidad y la demanda de hidratos de carbono por los órganos (Edwards et al., 2004; Comas et al., 2005; Eissenstat et al., 2006).

Los sistemas de conducción influyen en la producción de raíces como en los distintos tipos de raíces (Slavtcheva y Pourtchev, 2007). En condiciones de alta radiación de luz y baja demanda por los órganos altamente competitivos, el crecimiento de la raíz se estimula por la mayor disponibilidad de fotosintatos (Edwards et al., 2004; Eissenstat et al., 2006; Eissenstat, 2007). Tratamientos con podas severas producen menos raíces finas (Comas et al., 2005), que presentan un ligero aumento debido a la remoción de los brotes laterales o feminelas realizado a partir de que las bayas tienen el tamaño de 5 a 6 mm (Serra y Carey, 2010).

Altos rendimientos generalmente provocan una reducción en el crecimiento de las raíces (Eissenstat, 2007). Los sistemas de conducción que permiten un mayor tamaño de dosel incrementarán el sistema radical (Serra y Carey, 2010), ya que la producción de raíces está estrechamente asociada con el desarrollo del dosel si las condiciones ambientales son favorables (Comas et al., 2005).

Estado hídrico de la planta

Los efectos del déficit hídrico sobre el metabolismo son importantes en los componentes de la baya, los que influyen en las características de sabor y de calidad en las uvas y el vino (Deluc et al., 2009). El vigor de los doseles puede disminuirse al ser extendido por el sistema de conducción, logrando con esto reducir la densidad del área fo-

liar y mejorar la exposición de las bayas; también aumenta la intercepción de luz en las vides, lo que incrementa el uso del agua y por tanto el aumento del estrés hídrico (Lakso y Pool, 2005). Durante la maduración de la uva el suministro hídrico del viñedo constituye uno de los factores claves en la calidad de las bayas (Zufferey y Murisier, 2005), ya que el déficit hídrico influye en el metabolismo fenilpropanoide aumentando las concentraciones de antocianina (Deluc et al., 2009), compuesto fenólico asociado con el color de la fruta (Del Valle et al., 2005). La arquitectura de la planta tiene una influencia determinante sobre la regulación del agua (Ferrer et al., 2008); la vid presenta mecanismos para evitar el déficit hídrico, como leves cambios en el potencial hídrico foliar (Lovisolo et al., 2010).

El potencial hídrico foliar (Ψ_f) es una variable frecuentemente utilizada para evaluar el estado hídrico de las plantas de vid (Vila et al., 2011); 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 (Zufferey y Murisier, 2005).

En un estudio realizado en la principal región productora de Uruguay, se evaluó el potencial hídrico foliar de base (Ψ_{fb} , Bars) en cada estado fenológico de vides conducidas en los sistemas Lira y Espaldera; en la Tabla 2 se indica que la diferencia significativa encontrada, fue en los estados de envero y cosecha, siendo menor el potencial hídrico en las vides conducidas en Lira (Ferrer et al., 2008).

Los sistemas con dosel dividido tienen mayor necesidad de agua que los sistemas en Espaldera simple, debido al hecho que los sistemas con dosel dividido como la Lira, interceptan más luz (60-70%) que la Espaldera, con valores de intercepción de 40 a 50% de la luz (Ferrer et al., 2008).

Productividad y calidad de las bayas

La arquitectura del dosel afecta la intercepción de luz y el microclima de la planta (Louarn et al., 2007), que en interacción con las prácticas agrícolas modifican la calidad del fruto (Favero et al., 2010). Los compuestos de calidad enológica que tienen mayor incidencia en las características sensoriales y en el valor nutricional de los correspondientes vinos son producidos en el metabolismo primario y secundario de la vid, y su concentración en las uvas está condicionada de manera primordial por el clima, con efectos diversos según el cultivar y las prácticas culturales aplicadas en el viñedo (González-Neves y Ferrer, 2008).

La cantidad de área foliar que desarrolla la planta de uva es un factor que determina la capacidad productiva, ya que la radiación solar es la fuente primaria de energía usada para desarrollar el proceso de la fotosíntesis (Almanza-Merchán et al., 2012). En la madurez de las uvas, la relación entre la superficie foliar y el rendimiento es considerado como un indicador de equilibrio fisiológico (Zufferey y Murisier, 2005). Por lo tanto es importante encontrar un equilibrio entre estos parámetros con el fin de optimizar el rendimiento sin comprometer la calidad (Luby, 2012).

El equilibrio entre la producción, la concentración de sólidos solubles, el pH y la acidez del mosto puede ser indicativo de la calidad del vino. Los sistemas de conducción Geneva Doble Cortina (GDC), Alambre Solo (SW) y Espaldera o Posición de Brote Vertical (VSP), influyen significativamente sobre estos parámetros. En la Tabla 3 se muestra que para los cultivares Marquette y Media Luna en sistema de conducción GDC presentaron mayor producción sin comprometer la calidad de fruta (Luby, 2012).

En un estudio realizado en Pirapora, al Norte del estado de Minas Gerais, Brasil, en vides del

Tabla 2. Evolución del potencial foliar de base entre brotación y la cosecha. Años 2002-2004, brotación, floración, envero y cosecha.

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

Table 2. Evolution of foliar base potential between sprouting and harvesting. Years 2002-2004, sprouting, flowering, veraison and harvesting.

Means followed by the same letter are not statistically different. $p \geq 0.05$ Tukey test.

	Año 2002		Año 2003		Año 2004	
	Lira	Espaldera	Lira	Espaldera	Lira	Espaldera
Brotación	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Floración	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Envero	4,8 a	3,2 b	1,6 a	0,7 b	2,2 a	1,2 b
Cosecha	2 a	1,5 b	1,4 a	0,9 b	5,2 a	4,3 b

ns: no significativo

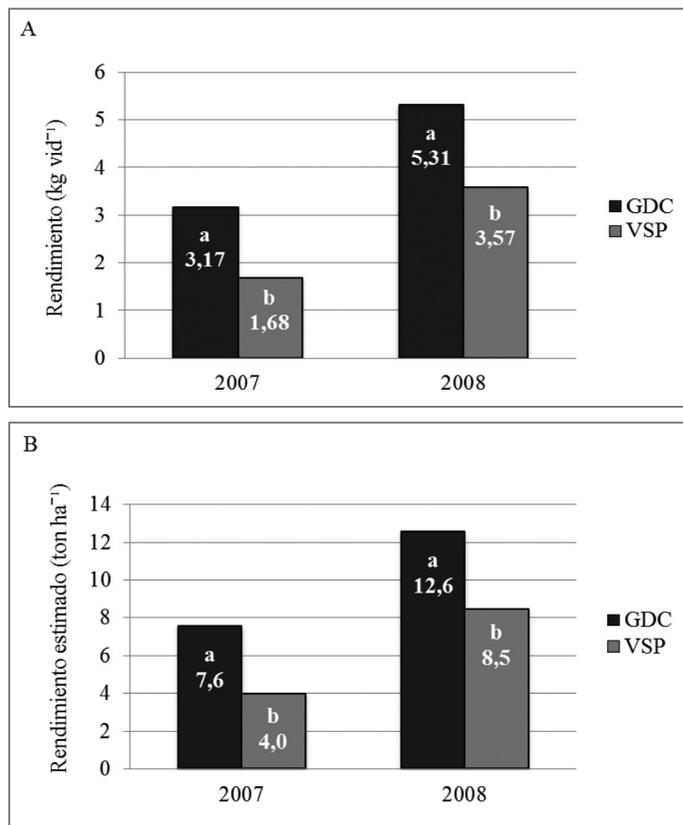
Fuente: Ferrer et al., 2008.

Tabla 3. Medias de los parámetros de rendimiento y calidad de fruta entre los sistemas de conducción para vides Marquette.Las medias con diferentes letras difieren significativamente ($P \leq 0,05$).**Table 3. Means of yield and fruit quality parameters among training systems for Marquette grapevines.**Means with different superscript letters differ significantly ($P \leq 0.05$).

	GDC	SW	VSP	Significancia
Rendimiento total por cepa, kg	10,0 ± 0,6 a	6,1 ± 0,5 b	2,1 ± 0,2 c	<0,001
Rendimiento por hectárea, kg	11200 ± 700 a	9040 ± 810 a	3100 ± 300 b	<0,001
Peso promedio de racimos, g	86,0 ± 3,4 a	72,3 ± 3,7 b	43,3 ± 2,2 c	<0,001
Peso promedio de la baya, g	1,4 ± 0,0 b	1,5 ± 0,02 a	1,2 ± 0,0 c	<0,001
Sólidos solubles, °Brix	27,1 ± 0,2 b	26,6 ± 0,2 b	28,0 ± 0,2 a	<0,001
pH	3,1 ± 0,0 b	3,2 ± 0,0 a	3,1 ± 0,0 b	<0,001
Acidez titulable, g L ⁻¹	8,3 ± 0,1 a	8,0 ± 0,1 ab	7,6 ± 0,2 b	<0,001

GDC: Geneva doble cortina; SW: Sistema de un solo alambre; VSP: Espaldera o Posición de brote vertical.

Fuente: Luby, 2012.

**Fig. 1. Influencia de los sistemas de conducción sobre el rendimiento (A) (kg vid⁻¹), y rendimiento estimado (B) (ton ha⁻¹) de la vid 'Syrah' conducidas en Espaldera o Posición de Brote Vertical (VSP) y Geneva Doble Cortina modificada (GDC), en Pirapora, Minas Gerais, Brasil.**Medias seguidas por la misma letra no son diferentes ($p \leq 0,01$) y ($p \leq 0,05$) *

Adaptado de Favero et al., 2010.

Fig. 1. Influence of training systems on performance (A) (kg vid⁻¹), and estimated yield (B) (ton ha⁻¹) of vine 'Syrah' conducted on Vertical Shoot Position (VSP) and Geneva Double Curtain amended (GDC) in Pirapora, Minas Gerais, Brazil.Means followed by the same letter are not different ($p \leq 0.01$) ($p \leq 0.05$), *

Adapted from Favero et al., 2010.

cultivar 'Syrah' se reportaron diferencias significativas de rendimiento (kg vid^{-1}) y rendimiento estimado (ton ha^{-1}) como se muestra en la Fig. 1. Las vides fueron conducidas en Espaldera o Posición de Brote Vertical (VSP) y Geneva Doble Cor-

tina modificada (GDC) representados en la Fig. 2 (Favero et al., 2010).

En la Fig 3 se indica que los rendimientos fueron mayores para la GDC, en comparación con el sistema VSP, y que este resultado no afectó ne-

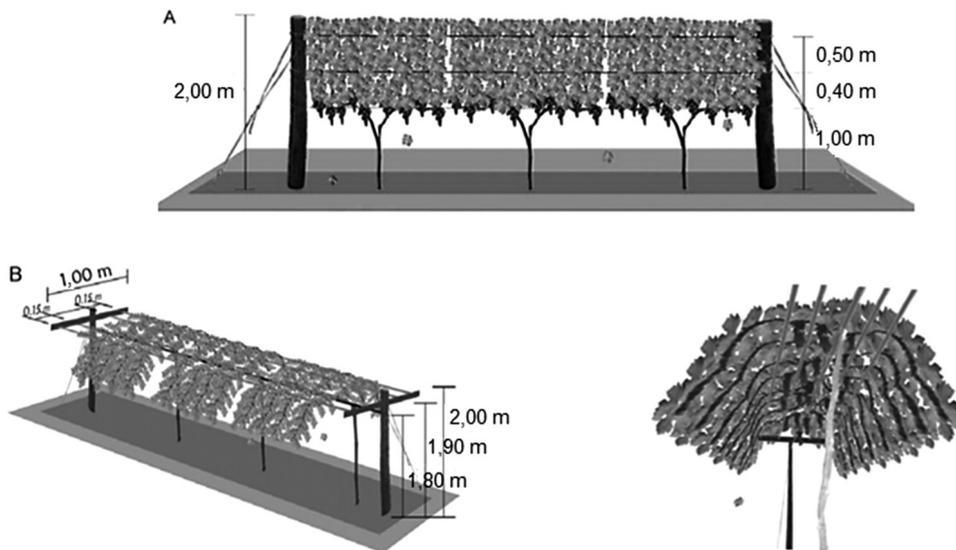


Fig. 2. Sistemas de conducción. (A) Espaldera o Posición de Brote Vertical (VSP) y (B) Geneva Doble Cortina modificada (GDC)

Fuente: Favero et al., 2010.

Fig. 2. (A) Vertical shoot positioned (VSP) trellis and (B) Geneva Double Curtain (GDC) trellis, in Pirapora, Minas Gerais, Brazil.

Source: Favero et al., 2010.

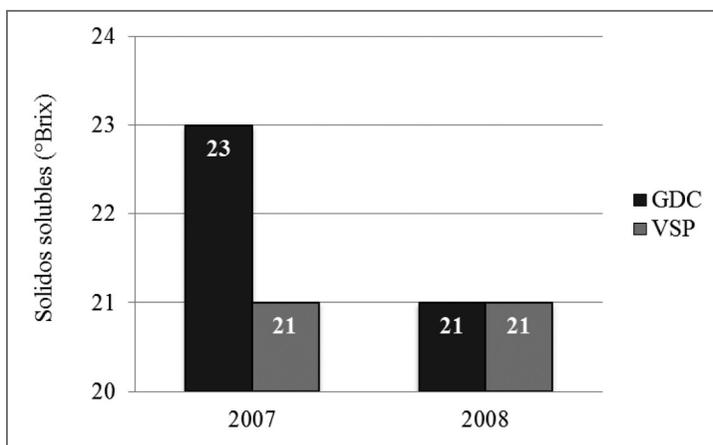


Fig. 3. Medias de los efectos de los sistemas de formación, Posición de Brote Vertical (VSP) y Geneva Doble Cortina modificada (GDC), en sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$), en el mosto de la vid 'Syrah' durante los periodos de maduración de 2007 y 2008.

Adaptado de Favero et al., 2010.

Fig. 3. Mean values of the effects of training systems, Vertical Shoot Position (VSP) and Geneva Double Curtain amended (GDC), soluble solids ($^{\circ}\text{Brix}$) in juice of the vine 'Syrah' during the maturity periods of 2007 and 2008.

Adapted from Favero et al., 2010.

gativamente la acumulación de sólidos solubles (°Brix) en las bayas (Favero et al., 2010).

Kliwer y Dokoozlian (2005) reportan que el área foliar requerida para el nivel máximo de sólidos solubles, peso y coloración de las bayas durante la cosecha debería estar dentro del intervalo de 0,5 a 0,8 m² por kg para el sistema VSP, y 0,8 a 1,2 m² por kg para el sistema GDC, y Reynolds y Vanden (2009) afirmaron que en general se requiere un rango de 7 a 14 cm² de área foliar total por gramo de fruta para alcanzar la madurez de las frutas. Dufourcq et al. (2005), mencionan que en el sistema VSP la calidad de los cultivares Duras, Malbec y Negrette, se optimizo hasta 2 m² de superficie foliar por kg de uva.

CONCLUSIONES

El sistema de conducción tiene influencia en el microclima del dosel, en el potencial hídrico, en la productividad y calidad de las uvas. Los sistemas de conducción con dosel dividido pueden ayudar a elevar el rendimiento sin perder la calidad enológica de las bayas, sin embargo para la elección del sistema de conducción se debe considerar el tamaño de la superficie a plantar, recursos económicos, las características propias del cultivar y las prácticas agrícolas para desarrollar la actividad vitícola. Los resultados considerados en este estudio están enfocados a los sistemas de conducción con dosel dividido gracias al aporte que tienen sobre la cantidad de área foliar expuesta y su relación con la calidad de las uvas y el aumento de producción de las vides.

LITERATURA CITADA

Almanza-Merchán P.J., S.D. González-Almanza, y H.E. Balaguera-López. 2012. La posición de la hoja y su efecto sobre la calidad y producción de frutos de vid (*Vitis vinifera* L.) var. Riesling x Silvaner. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 6(1):9-18.

Comas, L.H., L.J. Anderson, R.M. Dunst, A.N. Lakso, and D.M. Eissenstat. 2005. Canopy and environmental control of root dynamics in a long-term study of Concord grape. New Phytol. 167:829-840.

De la Fuente, M., R. Linares, P. Baeza, y J.R. Lisarrague. 2007. Efecto del sistema de conducción en climas semiáridos sobre la maduración, composición de la baya y la exposición de los racimos en *Vitis vinifera* L. cv. Syrah. Revista Enología 4(4):1-9.

Deloire, A., A. Carbonneau, Z. Wang, and H. Ojeda. 2004. Vine and water: a short review. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin 38:1-13.

Deloire, A., et J.J. Hunter. 2005. Microclimat des grappes et maturation du raisin. Progrès Agricole et Viticole 122(7):151-157.

Deluc, L.G., D. Quilici, A. Decendit, J. Grimplet, M. Wheatley, K. Schlauch, J.M. Mérrillon, J.C. Cushman, and G. Cramer. 2009. Water deficit alters differentially metabolic pathways affecting important flavor and quality traits in grape berries of Cabernet Sauvignon and Chardonnay. BMC Genomics 10:212.

Del Valle, G., A. González, y R. Báez. 2005. Antocianinas en uva (*Vitis vinifera* L.) y su relación con el color. Artículo de revisión. Rev. Fitoec. Mex. 28(4):359-368.

Downey, M.O., J.S. Harvey, and S.P. Robinson. 2004. The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grapes. Australian Journal of Grape and Wine Research 10:55-73.

Dufourcq, T., L. Gontier, E. Serrano, and N. Ollat. 2005. Leaf area and crop yield ratio: Effects on vine water status, must quality, wine quality for four varieties trained in southwest France. Progrès Agricole et Viticole 122:503-507.

Edwards, E.J., D.G. Benham, L.A. Marland, and A.H. Fitter. 2004. Root production is determined by radiation flux in a temperate grassland community. Global Change Biol. 10:209-227.

Eissenstat, D.M. 2007. Dinamica di crescita delle radici nelle colture da frutto. Italus Hortus 14(1):1-8.

Eissenstat, D.M., X. Huang, and A.N. Lakso. 2006. Modeling carbon allocation below ground. Acta Hort. 707:143-150.

Espinosa M., E. Acuña, M. Espinosa, and J. Barrera. 2010. Commercial digital camera to estimate postharvest leaf area index in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet sauvignon on a vertical trellis. Chilean Journal of Agricultural Research 70(2):315-322.

Favero, A.C., D. Angelucci de Amorim, R. Vieira da Mota, C.R. de Souza, and R. Murillo. 2010. Physiological responses and production of 'Syrah' vines as a function of training systems. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.) 67(3):267-273.

Ferrer, M., G. González-Neves, E. Priore, A. Montaña, y A. Carbonneau. 2008. 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. Agrociencia 12(1):6-19.

González-Neves, G., y M. Ferrer. 2008. Efectos del sistema de conducción y del raleo de racimos en la composición de uvas Merlot. Agrociencia 12(2):10-18.

- Hidalgo M., R. Merino, I. Serra, A. Chandía, y J. Campos. 2008. Estudio preliminar del sistema de conducción Scott Henry en las variedades Merlot, Syrah y Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) en la región del Bio-Bio de Chile. *Revista Enología* 4(5):1-7.
- Kliewer, W.M., and N. Dokoozlian. 2005. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: Influence on fruit composition and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 56(2):170-181.
- Lakso, A.N., and R.M. Pool. 2005. Drought stress on vine growth, function, ripening and implications for wine quality. p. 86-90. In 29th Annual New York Wine Industry Workshop. Cornell University, New York, USA.
- Louarn, G., J. Dauzat, J. Lecoœur, and E. Lebon. 2008a. Influence of trellis system and shoot positioning on light interception and distribution in two grapevine cultivars with different architectures: an original approach based on 3D canopy modelling. *Aust. J. Grape Wine Res.* 14:143-152.
- Louarn, G., J. Lecoœur, and E. Lebon. 2008b. A three-dimensional statistical reconstruction model of grapevine (*Vitis vinifera* L.) simulating canopy structure variability within and between cultivar/training system pairs. *Annals of Botany* 101:1167-1184.
- Louarn, G., Y. Guedon, J. Lecoœur, and E. Lebon. 2007. Quantitative analysis of the phenotypic variability of shoot architecture in two grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Annals of Botany* 99:425-437.
- Lovisoló, C., I. Perrone, A. Carra, A. Ferrandino, J. Flexas, H. Medrano, and A. Schubert. 2010. Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update. *Functional Plant Biology* 37:98-116.
- Luby, C. 2012. The effect of training system and yield on fruit quality of 'Marquette' and 'La Crescent' wine grapes (*Vitis* spp.) in a Vermont. *Journal of the American Pomological Society* 66(1):34-38.
- Nazralla, J. 2008. Influencia del manejo del suelo y las coberturas vegetales en el microclima de la canopia de la vid, la composición de la uva y el vino. *Rev. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.* 40(1):85-104.
- Reynolds A.G., and H.E. Vanden. 2009. Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: a review. *Am. J. Enol. Vitic.* 60(3):251-268.
- Reynolds, A.G., D.A. Wardle, M.A. Cliff, and M. King. 2004. Impact of training system and vine spacing on vine performance, berry composition, and wine sensory: attributes of Seyval and Chancellor. *Amer. J. Enol. Viticult.* 55:84-95.
- Rustioni L., M. Rossoni, G. Cola, L. Mariani, e O. Failla. 2006. Microclima termico e luminoso e accumulo di antociani in 'Nebbiolo'. *Quad. Vitic. Enol. Univ. Torino* 28:137-147.
- Serra, I., R. Merino, y M. Hidalgo. 2009. Sistemas de conducción en vid. Incidencia en la producción y calidad del vino. *Agro-Ciencia, Rev. Chil. Cs. Agropec.* 25(1):41-48.
- Serra, S.I., y V. Carey. 2010. Sistema radical de la vid: Importancia y principales factores que lo afectan. *Ciencia Ahora* 25:69-79.
- Slavtcheva, T., and P. Pourtchev. 2007. Effect of training on root system development of cv. Merlot grapevines. *Acta Hort.* 754:221-226.
- Vila H., I. Hugalde, y M. di Filippo. 2011. Estimación del potencial hídrico en vid por medio de medidas termográficas y espectrales. *RIA. Revista de Investigación Agropecuaria* 37(1):46-53
- Willaume, M., P.E. Lauri, and H. Sinoquet. 2004. Light interception in apple trees influenced by canopy architecture manipulation. *Trees-Structure and Function* 18(6):705-713.
- Zufferey, V., and F. Murisier. 2005. Leaf to fruit ratio and photosynthetic capacity of foliage in grapevines (cv. Chasselas). p. 559-556. In XIV International GESCO Viticulture Congress, 23-27 August, 2005. Geisenheim, Germany.