

# Efecto de la poda sobre la producción y calidad de frutos de *Vitis vinifera* L. var. Cabernet Sauvignon en Sutamarchán (Boyacá, Colombia)

The effect of pruning on production and fruit quality of *Vitis vinifera* L. 'Cabernet Sauvignon' in Sutamarchán (Boyacá, Colombia)



INGRID YANETH WALTEROS<sup>1</sup>

DEISY CONSTANZA MOLANO<sup>1</sup>

PEDRO JOSÉ ALMANZA-MERCHÁN<sup>2, 5</sup>

MAURICIO CAMACHO<sup>3</sup>

HELBER ENRIQUE BALAGUERA-LÓPEZ<sup>4</sup>

**Planta de vid variedad Cabernet Sauvignon con frutos maduros y filas enmalladas.**

Foto: P.J. Almanza-Merchán

## RESUMEN

En las zonas de clima frío tropical de Boyacá (provincias del alto Ricaurte, Sugamuxi, Tundama, Valderrama y Norte) se cultivan uvas para elaboración de vinos. En diferentes investigaciones, se ha demostrado que la poda de las plantas es una de las prácticas que afecta la calidad y productividad de los cultivos. Se buscó evaluar el efecto de tres tipos de poda (larga, corta y mixta) sobre la producción de la variedad Cabernet Sauvignon para la elaboración de vino en Sutamarchán (Boyacá). Durante la vendimia se estableció la producción total por planta, las variables de crecimiento y producción del fruto y en el laboratorio la calidad de las bayas, contenido alcohólico y de minerales. Los resultados mostraron que la poda larga presentó el mayor número de racimos/planta, peso fresco de racimos y rendimiento, los mayores contenidos de sólidos solubles totales (21,91 °Brix), la menor acidez total titulable (6,4 g L<sup>-1</sup>) y los contenidos más altos de Ca, Mg y K. La poda larga y mixta generaron las concentraciones más adecuadas en grados probables de alcohol (12,73% y 12,65%) respectivamente, lo que las favorece como una opción en la obtención de frutos de calidad para la elaboración de vinos.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia).

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación Ecofisiología Vegetal, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia).

<sup>3</sup> Viñedo Marqués de Villa de Leyva, Villa de Leyva (Colombia).

<sup>4</sup> Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Área Agraria con Énfasis en Fisiología de Cultivos, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigaciones Agrícolas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia).

<sup>5</sup> Autor para correspondencia. ppcalma@gmail.com

**Palabras clave adicionales:** viticultura, uva de vino, madurez técnica, alcohol.

## ABSTRACT

In the cold tropical climates of Boyacá (Ricaurte, Sugamuxi Tundama, Valderrama and Norte), grapes are cultivated for winemaking. In various studies, it has been shown that pruning plants is one of the practices that affect the quality and productivity of crops. We sought to evaluate the effect of three types of pruning (long, short and mixed) on the production of 'Cabernet Sauvignon' for winemaking in Sutamarchán (Boyacá). During harvest, total production was established per plant, and variables of growth and production were observed for the fruit, as well as the alcohol and mineral content of the berries in a quality laboratory. Results showed that long pruning had the highest number of clusters/plant, fresh weight and yield of the clusters with the highest contents of total soluble solids (21.91 °Brix), the lowest tritrateable acidity (6.4 g L<sup>-1</sup>) and the highest contents of Ca, Mg and K. Mixed and long pruning generated appropriate concentrations of probable alcohol degrees (12.73% and 12.65%) respectively, presenting options for the production of quality grapes for winemaking.

**Additional key words:** viticulture, winegrape, technical maturity, alcohol.

Fecha de recepción: 14-03-2012

Aprobada para publicación: 29-05-2012

## INTRODUCCIÓN

En Colombia se cultiva uva en siete departamentos. En tres de ellos, se producen uvas para el consumo en fresco (Valle, Huila y Tolima); en otros tres, se cultivan variedades vinícolas y de mesa (Antioquia y Santanderes), mientras que en las zonas de clima frío de Boyacá (provincias del alto Ricaurte, Sugamuxi, Tundama, Valderrama y Norte) se tienen cultivos exclusivos para elaboración de vinos (Henao, 2004; Almanza-Merchán *et al.*, 2012). En 2010, Boyacá ocupó el tercer lugar en producción; en una extensión de 11 ha se produjeron 45 t con rendimiento de 4 t ha<sup>-1</sup> (Agronet, 2011). Según Ruiz (2011), la importancia económica del sector vitícola está ligada al vino, y la calidad del vino está condicionada por las propiedades de la uva. En viticultura, de acuerdo con la variedad, el lugar y año, se adecuan técnicas, como, como la poda que busca limitar la producción, permitiendo mejorar las

cualidades del fruto y por consiguiente la calidad de sus vinos (Parisio *et al.*, 1994; Sipiorea, 1995).

Con la poda se busca modificar el hábito de crecimiento natural de la cepa, adecuándola a las necesidades del viticultor (Aguado *et al.*, 2010), además, se considera como una de las prácticas tendientes a mejorar la calidad organoléptica de los mostos y vinos (Ferreira *et al.*, 1998). Lavín *et al.* (2003) mencionan que, dependiendo de la finalidad y el momento en que se realiza, se ha clasificado en: formación, trasplante, renovación, restauración y producción. La poda de producción, es la más frecuente y se realiza durante la vida productiva de la planta. Con esta práctica se busca asegurar y regular la producción, permitiendo mantener, a través del tiempo, la forma de la planta y su nivel de producción, esta poda, debe adecuarse al vigor de cada planta, ya que la

producción va a depender del número de yemas establecidas durante esta labor (Almanza *et al.*, 2012). Durante la etapa de producción la poda debe, por un lado, mantener la forma de la cepa dentro del sistema de producción que responda al hábito de fructificación, y por otro, minimizar el envejecimiento de la misma debido a la producción. Una característica de las zonas tropicales es que se pueden alcanzar entre 1,8 a 2,5 cosechas al año (Almanza, 2011), siendo el momento de la poda el factor determinante del ciclo productivo.

En las plantaciones de vid en Sutamarchán (Boyacá), el sistema de conducción es el cordón bilateral o royat, que consiste en dejar un tronco principal que se bifurca en dos brazos horizontales permanentes, uno hacia cada lado de la hilera (Martínez, 2002), sobre estos brazos, se realiza la poda de fructificación. Aguado *et al.* (2010) mencionan que existen numerosos y diversos tipos de poda. Sin embargo, solo se aplican tres, que se han denominado poda corta, larga y mixta. Esta denominación de poda corta o larga, es dependiente de la longitud del sarmiento que deja el podador, la longitud está directamente relacionada con el número de yemas dispuestas en el sarmiento (Almanza *et al.*, 2012) y que posteriormente brotarán para generar los pámpanos que serán los encargados de portar los racimos. Yuste *et al.* (1997) aseguran que es importante tener cuidado en el momento de elegir el número de yemas por cepa, debido a que un incremento en el nivel de carga en la poda produce un aumento del rendimiento, mientras que el desarrollo vegetativo, puede disminuirse afectando la calidad del mosto, al reducir su grado alcohólico probable.

Para la viticultura de la provincia del alto Ricaurte en Boyacá, es esencial proponer un manejo adecuado en los cultivares existentes, que busque minimizar los efectos propios de la acrotomía y brotación desuniforme, lo que se puede lograr con podas adecuadas, que pueden redundar en una mayor calidad de frutos y vinos tropicales (Gil y Pszczółkowski, 2007). Por tanto, el

objetivo de la investigación, se centró en evaluar el efecto de la poda sobre la producción y calidad de *Vitis vinifera* 'Cabernet Sauvignon' para la elaboración de vino en Sutamarchán, Boyacá.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la finca Ain Karim (viñedo Marqués de Villa de Leyva) en Sutamarchán (Boyacá, Colombia), situado a los 5°39' N y 73°35' W; a una altitud de 2.110 msnm. La región cuenta con un micro clima ideal para la viticultura, con alta radiación solar y bajas temperaturas nocturnas, lo que contribuye para la producción de excelentes uvas para elaboración de vino (M. Camacho, comunicación personal). Como muestra la tabla 1, durante la investigación se presentó una precipitación acumulada de 1.196,1 mm y una temperatura promedio de 16,9°C (Ideam, 2012).

El material vegetal evaluado correspondió a plantas de 8 años de edad de la variedad Cabernet Sauvignon, injertada sobre el patrón 1103 Paulsen (*Vitis rupestris* x *V. berlandieri*). 'Cabernet Sauvignon' se caracteriza por presentar plantas vigorosas con frutos de coloración tinta en la vendimia. Las plantas tienen buena adaptabilidad a terrenos arcillosos y están sembradas a 1,5 x 1,0 m entre surcos y plantas, respectivamente, bajo el sistema de conducción en espaldera tipo royat y con fertirriego por goteo.

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos correspondientes a diferentes tipos de poda (corta (testigo), larga y mixta), cada tratamiento estuvo compuesta por 4 repeticiones, cada unidad experimental (UE) fue compuesta por dos plantas, para un total de 24 UE. Para el caso del testigo (poda corta) se dejaron dos yemas en tres pitones, en la poda larga, se dejaron cinco yemas en tres pitones y en la poda mixta se combinó la poda larga y la poda corta. Las podas se realizaron 2 meses después de la vendimia, tiempo en el que las plantas permanecieron en reposo.

**Tabla 1. Variables ambientales de Villa de Leyva (Boyacá, Colombia) presentados durante la investigación.**

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)		
		Promedio	Máxima absoluta	Mínima absoluta
Septiembre	63,3	16,8	26,2	6,6
Octubre	197,4	16,1	25,0	7,0
Noviembre	237,7	16,6	25,0	7,8
Diciembre	145,1	16,7	24,2	7,6
Enero	107,9	18,9	25,4	7,0
Febrero	47,7	16,5	25,2	6,6
Marzo	84,0	17,5	25,0	9,4
Abril	313,0	16,8	25,0	9,0
Promedio	1196,1 <sup>1</sup>	16,9	25,1	7,6

<sup>1</sup> El valor de la precipitación es el acumulado durante el periodo del estudio.

Al momento de la vendimia se determinó por planta el número de racimos, masa fresca y seca de frutos, mediante medición directa con balanza de precisión 0,01 g (Scout pro; Ohaus), la masa seca de los frutos se obtuvo después de someterlos a secado en una mufla Memmert Alemana UNB 500 durante 72 h a una temperatura de 95°C; para el diámetro ecuatorial, se midieron 10 bayas por planta mediante un calibrador digital Mitutoyo Absolute. Además, se estableció la producción total por planta y se llevó al laboratorio de fisiología vegetal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, donde se determinaron los sólidos solubles totales (SST), con un refractómetro digital HI 96802 Hanna instruments con  $\pm 0,2\%$  Brix; el pH, con un potenciómetro Schott handylab 11; la acidez total titulable (ATT), mediante la titulación con NaOH 0,1 N hasta pH 8,2, expresada como ácido tartárico (AOAC, 1990), y el índice de madurez técnico (IMT), se determinó mediante la relación SST/ATT; los grados probables de alcohol (GPA) se establecieron mediante la fórmula:

$$\text{GPA} = (0.675 \times \text{°Brix}) - 2,0839 \quad (1)$$

Para la extracción de los contenidos de calcio, magnesio, potasio se maceraron los frutos con cáscara y semillas, el jugo se filtró y diluyó 1:500,

las lecturas se realizaron en el equipo de absorción atómica Unicam 969 AA Spectrometer.

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (Anova) y se llevó a cabo la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SAS® v. 9.2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

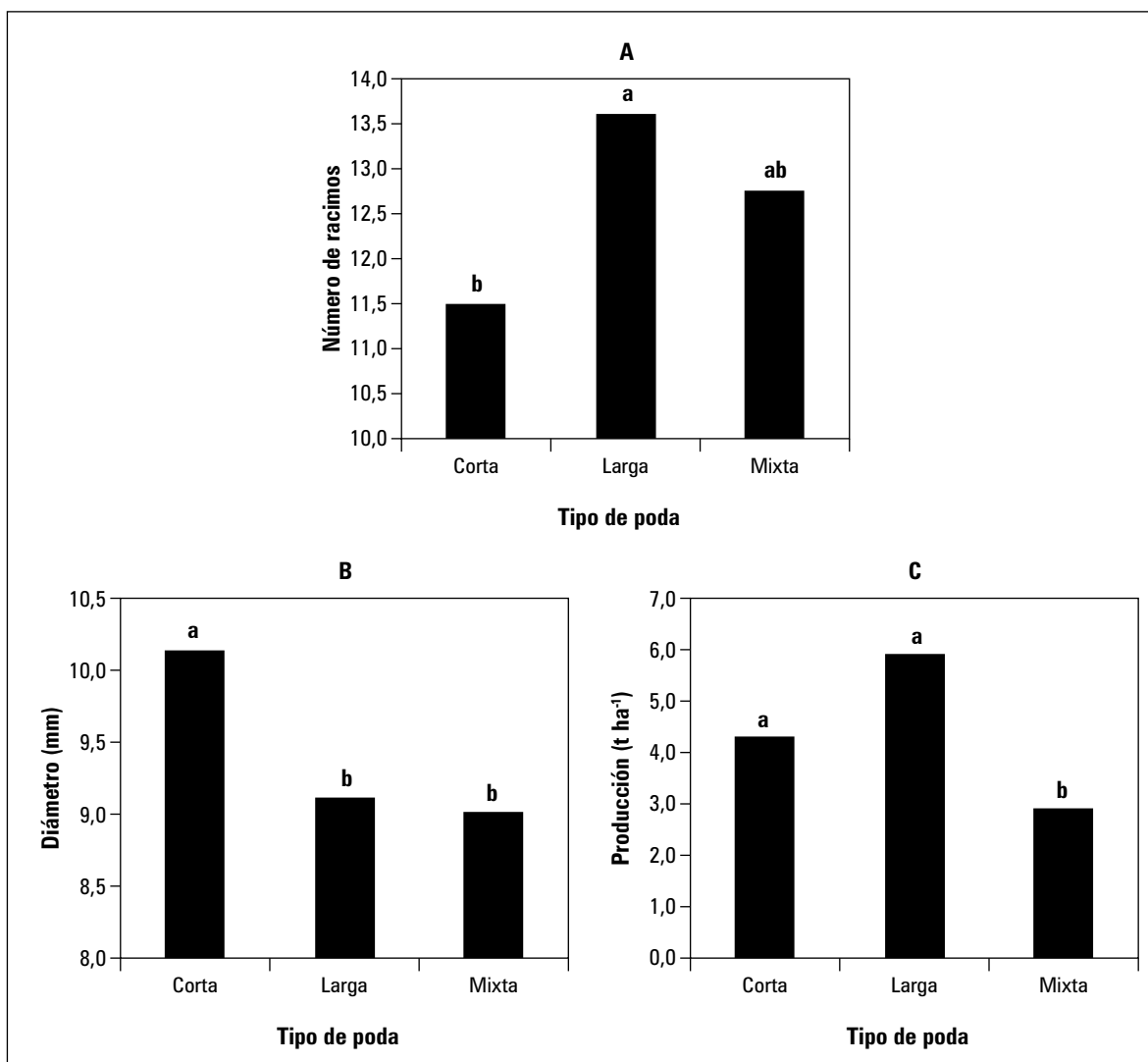
### Producción y crecimiento del fruto

Con la poda larga se obtuvo significativamente ( $P \leq 0,05$ ) el mayor número de racimos/planta, peso fresco de racimos ( $P \leq 0,01$ ), de un racimo ( $P \leq 0,01$ ) y producción de bayas ( $P \leq 0,01$ ), los valores obtenidos de forma respectiva fueron 13,63 racimos/planta (figura 1A), 890,81 g (figura 2A), 72,16 g (figura 2B) y 5,93 t ha<sup>-1</sup> (figura 1C). En el peso seco de los racimos ( $P \leq 0,05$ ), el peso fresco de 1 escobajo ( $P \leq 0,05$ ), el peso fresco de las bayas ( $P \leq 0,05$ ) y el diámetro de las mismas ( $P \leq 0,01$ ), la poda corta fue responsable de los valores más altos con 154,81 g (figura 2A), 4,48 g (figura 2C), 1,15 g (figura 2C) y 10,15 mm (figura 1B) respectivamente. La masa fresca del escobajo no presentó diferencias significativas entre los tratamientos (figuras 2B y 2C).

Según Sipiora (2005), el número de racimos por planta depende del porcentaje de yemas que brotan. Keller *et al.* (2004) afirman que al tener un mayor número de racimos por planta, el número de bayas por racimo y el peso medio de los mismos disminuye; esta conclusión es contraria a los valores obtenidos en la poda larga, en la cual se presentó los valores más altos en peso fresco de racimos, comparado con la poda corta y mixta. Camacho (2007) reporta que los productores de uva de mesa prefieren tener altas producciones por unidad de área sembrada, mientras que para

la elaboración de vinos, es necesario sacrificar la producción, favoreciendo la calidad del fruto que se logra obteniendo producciones controladas de máximo 9 t ha<sup>-1</sup> por ciclo de cultivo. Posiblemente se debe en parte al hecho de que la “sobrecarga” atrasa la acumulación de azúcar en la fruta cuando se compara con aquella de plantas con menos carga.

Howell (2001) menciona que la materia seca producida por la planta, es un estimador directo de la fotosíntesis neta, manteniendo entre las



**Figura 1. Efecto de diferentes tipos de poda sobre: A. Número de racimos/planta, B. Diámetro de bayas y C. Producción de bayas de 'Cabernet Sauvignon'. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).**

dos variables, una relación lineal. La cantidad de frutos tiene un efecto fundamental en el peso de la baya un incremento de carga conlleva a una reducción del peso medio de la baya (Reynolds *et al.*, 2004; Keller *et al.*, 2004). Petrie *et al.* (2004) señalan que el microclima de las hojas es el responsable directo, ya que afecta a la fotosíntesis y, por ende, el tamaño y la acumulación de asimilados en la baya (González-Padierna y Petrie, 2003). Lo anterior posiblemente explica por qué la poda corta presentó el mejor peso fresco de los frutos. Los valores obtenidos en la investigación son similares a los de Muñoz *et al.* (2002), quienes encontraron pesos en frutos de 'Cabernet Sauvignon' de 1,21 a 1,24 g, lo que coincide con Almanza (2008), quien afirma que los frutos para elaboración de vino en Boyacá para variedades como Pinot Noir, Riesling y Riesling x Silvaner, presentan pesos entre 1 y 2 g.

Conde *et al.* (2007) mencionan que el tamaño de la baya desde el envero hasta la cosecha se duplica, por ser esta una etapa de elongación celular, influenciada por la plasticidad de las paredes celulares y por la presión de turgencia de las células, responsable del aumento en volumen y masa. Almanza (2008) afirma que el tamaño de la baya para elaboración de vino debe estar entre 7 a 15 mm, lo que coincide con los valores obtenidos en esta investigación.

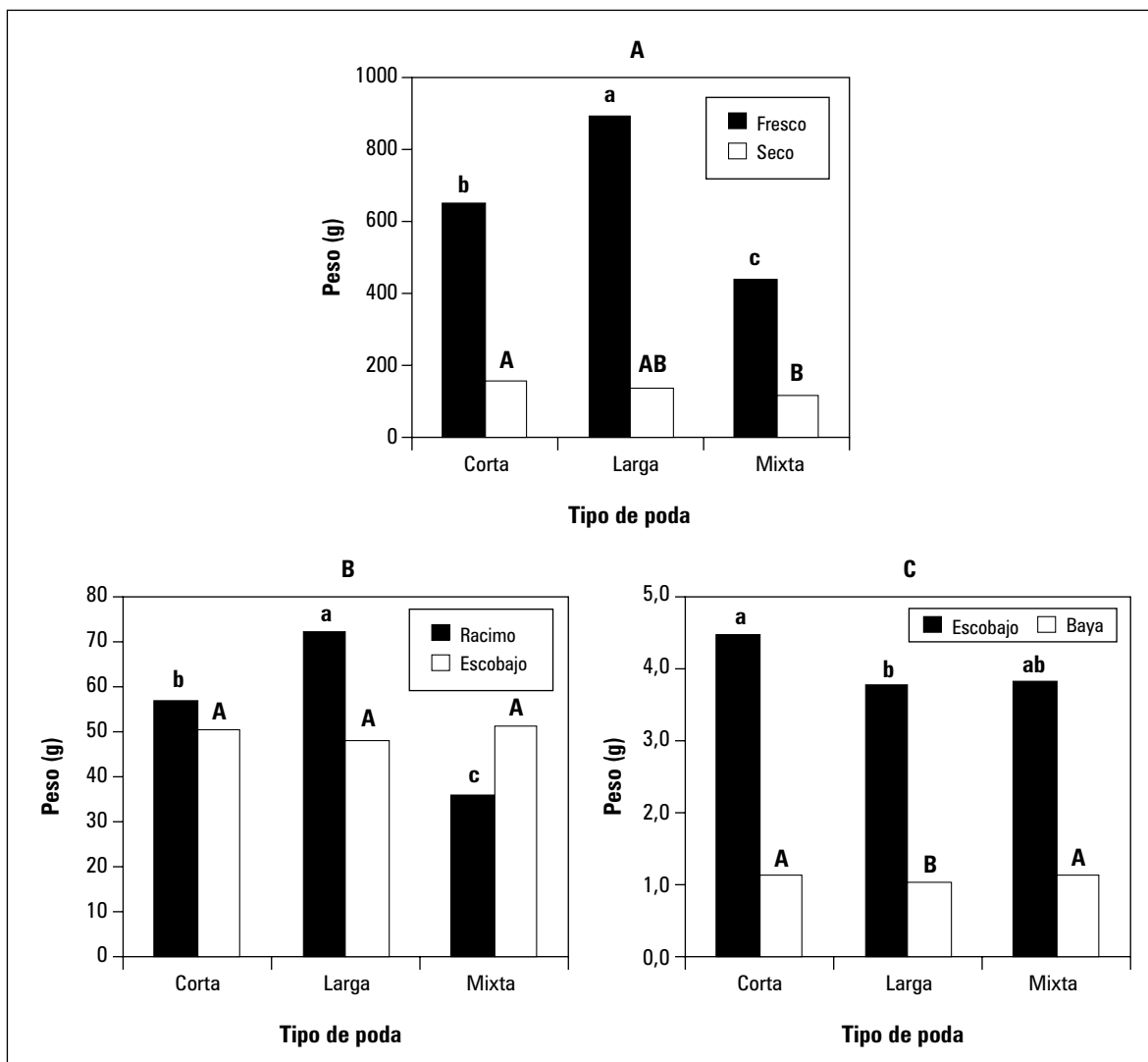
### Calidad de las bayas

El tipo de poda generó diferencias significativas en el pH y los SST ( $P \leq 0,05$ ), la ATT ( $P \leq 0,01$ ) y el IMT ( $P \leq 0,05$ ), siendo la poda larga la encargada de generar bayas con mayor SST (21,91 °Brix) e IMT (3,40) y la menor ATT (6,43 g L<sup>-1</sup>), mientras que con la poda mixta se obtuvo el mayor valor de pH con 4,68 y con la poda corta se produjo las bayas con mayor ATT (7,59 g L<sup>-1</sup>), menor SST e IMT (figura 3). El valor de la ATT obtenido con la poda larga coincide con la investigación de Pérez (2003) quien afirma que la ATT debe situarse entre los 4,5 y los 7,0 g L<sup>-1</sup> expresadas en ácido tartárico para la var. Cabernet Sauvignon.

Por otra parte, presentan diferencias con Bergqvist *et al.* (2001), quienes en una investigación en zonas cálidas del valle de San Joaquín (California, USA) alcanzaron valores de acidez en torno a 6,0 g L<sup>-1</sup> para 'Cabernet Sauvignon', y aseguran que lo normal es que la acidez esté en rangos de 4 a 5 g L<sup>-1</sup> de ácido tartárico. Martínez de Toda (1991) afirma que durante el envero además de la ganancia propia por la actividad fotosintética, el tronco y los brazos contribuyen al aumento de sólidos solubles; posiblemente esta fue alguna de las razones, por las cuales la poda larga presentó los mayores valores en contenidos de azúcar. Sin embargo, se consideran bajos, lo que se debió, posiblemente a que durante la investigación ocurrió el fenómeno de la Niña, caracterizada por altas precipitaciones, baja temperatura y radiación solar (tabla 1) y teniendo en cuenta que el parámetro más determinante para la acumulación de azúcares en la baya es la relación hojas-fruto (Baeza *et al.*, 1999; Carbonneau *et al.*, 2000) y, que la carga en un sistema de conducción, junto con los factores climáticos son los determinantes del contenido potencial de azúcares en la baya (Vanden-Heuvel *et al.*, 2004).

Para el caso del pH, este aumenta paralelamente con el contenido en azúcares totales en baya debido a la disminución de la acidez total y, como consecuencia de la transformación de ácidos orgánicos en sales insolubles, fundamentalmente bitartrato potásico (Gonzalez-Padierna, 2003). La poda larga presentó los valores más altos de pH, posiblemente a un alto contenido de K<sup>+</sup> que está asociado con un microclima sombreado. El sombrío causa acumulación de K<sup>+</sup> en pámpanos antes del envero, lo que está asociado con altos contenidos de K<sup>+</sup> en el fruto siguiendo la teoría de Boulton (1980).

El IMT bajo genera inconvenientes en la elaboración del vino, dado que el sabor del fruto de uva se debe principalmente al resultado del balance entre azúcares y ácidos y la síntesis de compuestos aromáticos, o precursores que tiene lugar en este mismo momento. Estas características de-

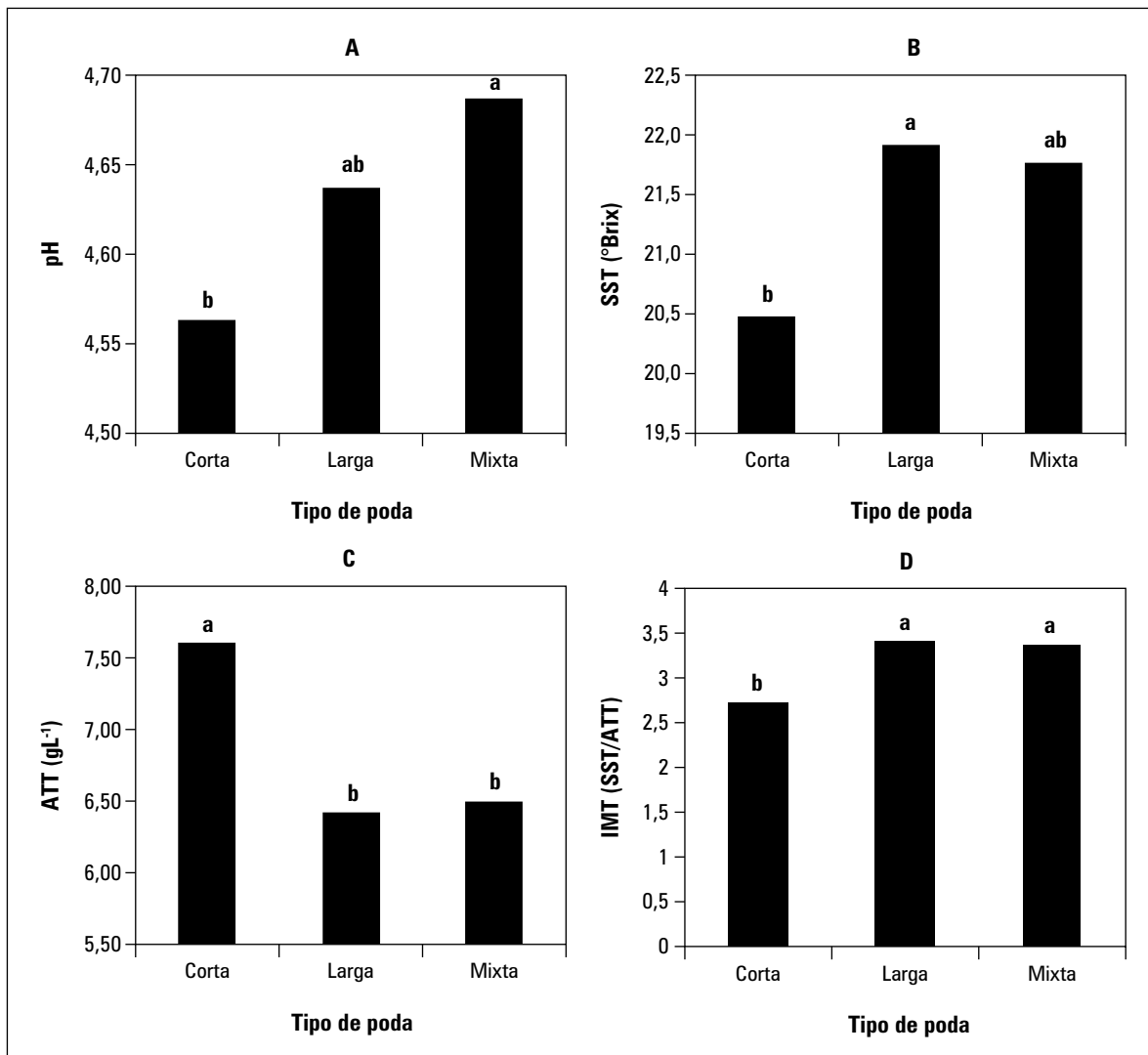


**Figura 2.** Efecto de diferentes tipos de poda sobre: **A.** Peso de racimos/planta, **B.** Peso fresco de un racimo y del escobajo y **C.** Peso fresco de un escobajo de bayas de 'Cabernet Sauvignon'. Promedios con letras distintas en cada serie indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

terminan en gran medida la calidad del vino. El IMT se considera como referencia de fácil determinación desde el punto de vista vitivinícola (Blouin y Guimberteau, 2003), teniendo en cuenta que tradicionalmente la fecha de cosecha de la vid para vinificación se determina por el contenido de azúcar (>22,5%) y la acidez total titulable total (6-7 g L<sup>-1</sup>, ácido tartárico) (Pszczolkowski *et al.*, 2009). Los valores obtenidos en esta investigación, a pesar de las condiciones climáticas presentadas, se ajustan a los sugeridos para la elaboración de vinos de calidad.

### Contenido alcohólico y mineral

El grado de alcohol probable no presentó diferencias estadísticas. El grado alcohólico corresponde a los mililitros de etanol contenidos en 100 mL de vino, medido a la temperatura de 20°C, los cuales provienen originalmente de la uva o se forman durante la fermentación (Carazola y Xirau, 2005; Amerine *et al.*, 1976). Este parámetro es de gran importancia a nivel comercial, ya que los vinos y otras bebidas alcohólicas se comercializan y cotizan según su grado alcohólico (Carazola y



**Figura 3.** Efecto de diferentes tipos de poda sobre: A. el pH, B. los SST, C. la ATT y D. el IMT de bayas de 'Cabernet Sauvignon'. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Xirau (2005). La poda corta tendió al valor más bajo (11,75%), seguido por la poda larga y mixta con 12,73 y 12,65° probables de alcohol (GPA), respectivamente (figura 4C). Martínez de Toda (2011) menciona que en la antigüedad los enólogos buscaban la producción de vinos con mayor grado alcohólico (14 a 16° en vinos tinto). Sin embargo, en los últimos años este concepto ha cambiado, debido al papel que cumple el alcohol en la percepción del vino; los vinos con mayor grado alcohólico generan sensaciones más pesadas y descompensan las sensaciones organolépti-

cas de un buen vino. Por tanto, en la actualidad se busca la producción de vinos con graduación alcohólica entre 12 y 13° (M. Camacho, comunicación personal).

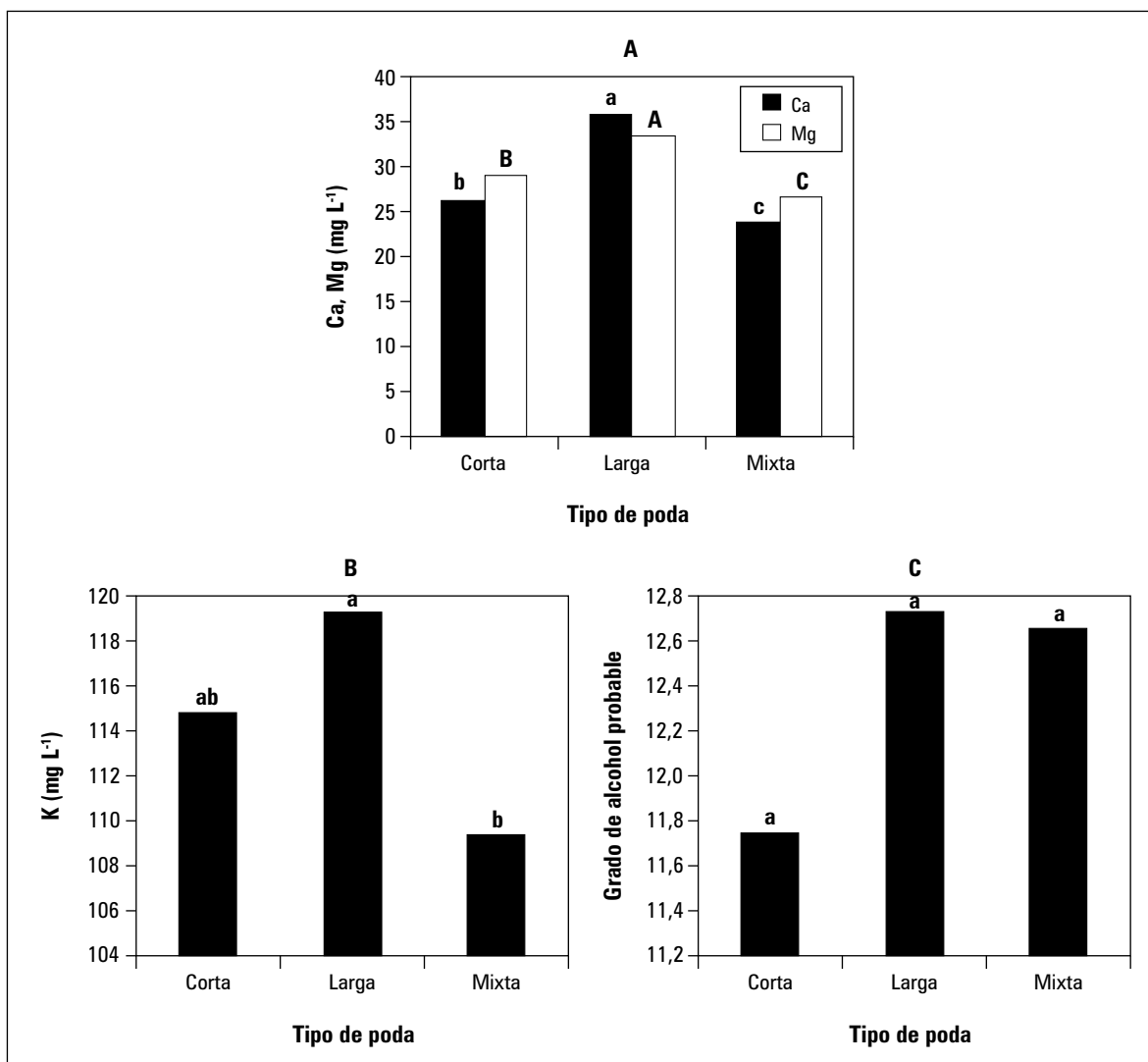
Entre los tratamientos, las concentraciones de Ca y Mg ( $P \leq 0,01$ ) y K ( $P \leq 0,05$ ) presentaron diferencias estadísticas. En los tres minerales, la poda larga generó la mayor concentración con 35,72 mg L<sup>-1</sup> de Ca, 33,28 mg L<sup>-1</sup> de Mg y 119,2 mg L<sup>-1</sup> de K, mientras que con la poda mixta se obtuvieron las concentraciones más bajas (figu-



ra 4). Para Carazola y Xirau (2005), conocer la concentración de calcio es de sumo interés en enología debido a que un exceso de este catión puede generar en la botella un precipitado cristalino de tartrato de calcio. La poda larga produjo el contenido de calcio más alto ( $35,72 \text{ mg L}^{-1}$ ) y la poda mixta el más bajo con  $23,71 \text{ mg L}^{-1}$  (figura 4A). En todos los casos, el contenido de calcio fue menor al encontrado por Vasantha y Clegg (2007) quienes en vino tinto de la variedad Cabernet Sauvignon, hallaron concentraciones de  $65,4 \text{ mg L}^{-1}$ , y al de Fernández *et al.* (2009)

con  $83,15 \text{ mg L}^{-1}$ . Álvarez *et al.* (2007) explican que la concentración de este y otros minerales difieren de acuerdo a la zona geográfica de origen y está directamente relacionada con la composición del suelo.

El contenido de magnesio en el fruto ha cobrado importancia enológica y según Amerine y Ough (1976) la estabilización del tartrato y el sabor ácido de los vinos parece estar relacionado con la concentración de Mg en el mismo. El contenido de Mg con la poda larga presentó los valores más altos con



**Figura 4.** Efecto de diferentes tipos de poda sobre: **A. Calcio y magnesio, B. Potasio y C. Grado de alcohol probable de bayas de 'Cabernet Sauvignon'**. Promedios con letras distintas en cada serie indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

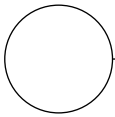
33,28 mg L<sup>-1</sup> (figura 4A). Esta concentración es baja comparada con la obtenida por Álvarez *et al.* (2007) y Vasantha y Clegg (2007) que fue de 72,1 mg L<sup>-1</sup> y 108 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las variaciones en la concentración dependen de la variedad y la composición del suelo de cada región (Nikolakaki *et al.*, 2002).

La poda larga presentó el valor más alto de potasio con 119,2 mg L<sup>-1</sup> (figura 4B). Carazola y Xirau (2005) aseguran que es necesario conocer el contenido de potasio en vinos, debido a que las nuevas técnicas de fertilización están elevando el nivel del K en uvas, con ello se incrementa el pH del vino, dando como resultado vinos con menor acidez, provocándose una modificación de las características y tipicidad del mismo. Según Amerine y Ough (1976), el contenido del K depende de la variedad, de las condiciones climáticas y de la época de vendimia.

## CONCLUSIONES

La poda larga produjo el mayor número de racimos/planta, peso fresco de racimos y rendimiento, mayores contenidos de sólidos solubles totales y menor acidez total titulable, posesionándola como una opción a tener en cuenta para la obtención de frutos de calidad en la variedad Cabernet Sauvignon en la elaboración de vinos tropicales.

Las podas larga y mixta generaron las concentraciones más adecuadas en grados probables de alcohol (12,73% y 12,65%), valores que son de gran importancia a nivel comercial, ya que los vinos con esta graduación alcohólica son los recomendados por los enólogos. De otra parte, la poda larga generó los mayores contenidos de Ca, Mg y K, en tanto que con la mixta se obtuvieron las concentraciones más bajas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agronet. 2011. Estadísticas por productos y departamentos. Uva 2011. En: <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/VerReporte.aspx>; consulta: mayo de 2012.
- Aguado, G., G. Aliquo y A. Catania. 2010. La poda de la vid. En: INTA. Estación experimental agropecuaria Mendoza, Argentina, <http://www.inta.gov.ar>; consulta: febrero de 2012.
- Almanza-Merchán, P.J., G. Fischer, A. Herrera-Arévalo, A. Jarma-Orozco y H.E. Balaguera-López, E.H. 2012. Physicochemical behavior of 'Riesling x Silvaner' grapevine fruit under the high altitude conditions of Colombia (South America). *J. Appl. Bot. Food Qual.* 85(1), 49-54.
- Almanza, P., P. Serrano y G. Fischer. 2012. Manual de viticultura tropical. Grupo Imprenta y Publicaciones UPTC, Tunja, Colombia.
- Almanza, P. 2011. Determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de vid (*Vitis vinifera* L.) bajo condiciones de clima frío tropical. Tesis doctoral. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Almanza, P. 2008. Evolución de parámetros fisicoquímicos durante la maduración de frutos de *Vitis vinifera* L. Trabajo de ascenso. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.
- Álvarez, M., I. Moreno, A. Camean y G. González. 2007. Study of mineral profile Montilla – Moriles «fino» wines using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry methods. *J. Food Comp. Anal.* 20, 391-395.
- Amerine, M. y C. Ough. 1976. Análisis de vinos y mostos. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Baeza, P., M. Bartolomé, V. Sotés, C. Ruiz y J. Lissarague. 1999. Diferencias en la superficie foliar de cuatro sistemas de conducción de la vid y sus consecuencias en el desarrollo y la producción. *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal* 14, 174-190.

- Bergqvist, J., N. Dokoozlian y N. Ebisuda. 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of 'Cabernet Sauvignon' and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *Amer. J. Enol. Vitic.* 52, 1-7.
- Blouin, J. y G. Guimberteau. 2003. Maduración y madurez de la uva. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Boulton, R. 1980. The general relationship between potassium, sodium and pH in grape juice and wine. *Amer. J. Enol. Vitic.* 31, 182-186.
- Camacho, M. 2007. Nuestro vino, expectativas. En: Vinos de Colombia, <http://www.vinosdecolombia.com>; consulta: enero de 2012.
- Carazola, J. y M. Xirau. 2005. Técnicas usuales de análisis en enología. Panreac Química, Barcelona, España.
- Carbonneau, A., A. Lebon, H. Mabrouk y H. Sinoquet. 2000. Interactions "canopy shape" x "vigor level": consequences on architecture and microclimate of the grapevine. *Acta Hort.* 526, 91-108.
- Conde, C., P. Silva, N. Fontes, A. Dias, R. Tavares, J. Sousa, A. Agasse, S. Delrot y H. Gerós. 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food* 1(1), 1-22.
- Fernández, V., M. Berradre, B. Sulbarán, G. Ojeda de Rodríguez y J. Peña. 2009. Caracterización química y contenido mineral en vinos comerciales venezolanos. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 26, 382-397.
- Ferreira, R., J. Sellés, L. Peralta, Y. Burgos y L. Valenzuela. 1998. Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos periodos de desarrollo de la vid cv. Cabernet Sauvignon en la producción y calidad del vino. *Agric. Téc. (Chile)* 62, 406-417.
- Gil, G. y P. Pszczółkowski. 2007. Viticultura. Fundamentos para optimizar producción y calidad. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.
- González-Padierna, C. 2003. Estudio eco fisiológico y agronómico de cuatro sistemas de conducción de la vid (*Vitis vinifera* L.): cubiertas vegetales simples versus divididas. Tesis de doctorado. Departamento de Producción Vegetal, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Henao, E. 2004. La finca vitícola Guanani: reto y pasión de un empresario. Trabajo de grado en Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras. Universidad Externado de Colombia, Bogotá.
- Howell, S. 2001. Sustainable grape productivity and the growth-yield canopy development, morphology and dry matter partitioning in Concord grapevines. *Amer. J. Enol. Vitic.* 49, 183-190.
- Ideam (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). 2012. Sistema de Información Nacional Ambiental, estación de Villa de Leyva, Bogotá.
- Keller, M., L. Mills, R. Wample y S. Spayd. 2004. Crop load management in Concord grapes using different pruning techniques. *Amer. J. Enol. Vitic.* 55, 35-50.
- Lavín, A., A. Lobato, I. Muñoz y J. Valenzuela. 2003. Viticultura: poda de la vid. Cauquenes, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. En: Boletín INIA, <http://www.inia.cl>; consulta: enero de 2012.
- Martínez de Toda, F. 2011. Claves de la viticultura de calidad. Nuevas técnicas de estimulación y control de la calidad, la uva en el viñedo. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Martínez de Toda, F. 1991. Biología de la vid. Fundamentos biológicos de la viticultura. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Martínez, R. 2002. Efecto de la poda y la cubierta plástica en la brotación, floración y maduración de la vid. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(2), 179-185.
- Muñoz, R., J. Pérez, P. Pszczółkowski y E. Bordeu. 2002. Influencia del nivel de carga y microclima sobre la composición y calidad de bayas, mosto y vino de Cabernet-Sauvignon. *Cien. Inv. Agr.* 29(2), 115-125.
- Nikolakaki, G., N. Kallitharakas y A. Katsanos. 2002. Trace element analysis of Cretan wines and wine products. *Sci. Total Env.* 285, 155-163.
- Parasio, R., A. Bobio, A. Morando y G. Gay. 1994. Interventi per limitare la produttività in vista del miglioramento qualitativo delle uve Moscato. *Quad. Sc. Sp. in Vitic. Enol. Univ. di Torino, Italia.* pp. 223-224.
- Petrie, P., N. Cooley y P. Clingeleffer. 2004. The effect of post-veraison water deficit on yield components and maturation of irrigated Shiraz (*Vitis vinifera* L.) in the current and following season. *Aust. J. Grape Wine Res.* 10, 203-215.
- Pszczółkowski, P., W. Villena y X. Pinedo. 2009. La poda corta, una herramienta para controlar la acrotonía de la vid. *Viñedos de Bolivia* 5, 2-8.
- Reynolds, A., D. Wardle, M. Cliff y 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. Vitic.* 55, 84-94.
- Ruiz, V. 2011. Avances en viticultura en el mundo. *Rev. Bras. Frutic.* 33(1), 131-143.

- Sipiora, M. 1995. Influencia del aclareo manual, el aclareo con etefón y el deshojado sobre la producción y la composición del fruto de Moristel, Cariñena y Chenin Blanc. *Vitic/Enol. Prof.* 45, 16-24.
- Sipiora, M. 2005. Influencia de la densidad de pámpanos por metro de cordón sobre la variedad de vid (*Vitis vinifera* L.) Tempranillo en secano y regadío. Comportamiento agronómico, fisiológico y modelos descriptivos del desarrollo de la vid. Tesis de doctorado. Departamento de Producción Vegetal, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Vanden-Heuvel, J., T. Proctor, J. Sullivan y K. Fisher. 2004. Influence of training/trellising system and rootstock selection on productivity and fruit composition of Chardonnay and Cabernet franc grapevines in Ontario, Canada. *Amer. J. Enol. Vitic.* 55, 253-264.
- Vasantha, H. y S. Clegg. 2007. Total antioxidant capacity, total phenolic content, mineral elements, and histamine concentrations in wines of different fruit sources. *J. Food Comp. Anal.* 20, 133-137.
- Yuste, J., H. Pelaez, P. Baeza, C. Ruiz y J. Lissarrague. 1997. Consecuencias del nivel de poda y del sistema de conducción en el viñedo en regadío. Ensayos realizados en la Rivera del Duero. *Agricultura: Revista Agropecuaria* 66(779), 492-496.