

INFLUENCIA DEL NIVEL DE CARGA Y MICROCLIMA SOBRE LA COMPOSICION Y CALIDAD DE BAYAS, MOSTO Y VINO DE CABERNET-SAUVIGNON

R. MUÑOZ¹, J. PEREZ, Ph. PSZCZOLKOWSKI y E. BORDEU

Departamento de Fruticultura y Enología
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile
Casilla 306-22, Santiago, Chile

Abstract

R. Muñoz, J. Pérez, Ph. Pszczółkowski and E. Bordeu. Influence of crop level and microclimate on Cabernet-Sauvignon berries, must and wine composition and quality. A bi-factorial experiment was conducted during the 1999-2000 season at Alto Jahuel, Chile. The effects of three crop levels (100, 66 and 33%) and three levels of clusters sunlight exposure (normal, shaded and exposed) on Cabernet-Sauvignon yield components and berry and wine composition and quality were studied. All the treatments were harvested the same day, with a more advanced over ripe degree on the treatments with smaller crop level and greater well illuminated leaf surface. Yield components as berry weight and cluster weight were not affected by crop level nor by microclimate. Must total acidity and color quality were higher, and wine pH and potassium content were lower in high cropped plants. No differences between microclimates were found on these variables. Microclimate influenced sugar content and wine color density. Main crop level effect was on the berry ripeness. This influence was closely related with exposed leaf surface and incident radiation level.

Key words: crop level, microclimate, *Vitis vinifera*, Cabernet-Sauvignon, fruit composition, wine quality.

Cien. Inv. Agr. 29(2): 115-125. 2002

INTRODUCCION

En Chile es cada vez más común en los viñedos el ajuste de carga a través del raleo de racimos para aumentar la relación hoja:fruta, con el propósito de afectar la composición de las bayas. El nivel de carga afecta el tamaño de bayas y racimos y la acumulación de azúcar (Bravdo *et al.*, 1984; Bravdo *et al.*, 1985a; Edson *et al.*, 1995b; Howell *et al.*, 1987; Iacono *et al.*, 1995; Jackson, 1986; Reynolds *et al.*, 1994), así como otros componentes del sabor en la fruta (Reynolds *et al.*, 1996) y varios aspectos del crecimiento vegetativo

(Edson *et al.*, 1993 y 1995a). Se piensa que los rendimientos altos reducen la calidad de la fruta. Esto se debe en parte al hecho que la “sobrecarga” atrasa la acumulación de azúcar en la fruta cuando se compara con aquella de plantas con menos carga. Sin embargo, existen antecedentes que indican que el nivel de carga por planta no afecta la acumulación de azúcar y la calidad de la fruta (Freeman y Kliwer, 1983) o que hay un nivel de carga específico que una planta puede madurar antes que un incremento mayor del rendimiento retrase la maduración y afecte la calidad (Bravdo *et al.*, 1985b).

El aumento del rendimiento se consigue aumentando el número de yemas por planta, que trae consigo un aumento del número de brotes. Al no aumentar la distancia de plantación, una densidad mayor de brotes crea un microclima del follaje que puede reducir la acumulación de azúcar en la fruta y otros factores de la calidad, como el color (Smart, 1985). La remoción de hojas al nivel de los racimos es una práctica de uso común en los viñedos en Chile para alterar el microclima en la zona de la fruta, con el propósito de afectar la composición de las bayas. Esta práctica mejora la acumulación de azúcar a través de un incremento de la temperatura de las bayas bajo esas condiciones (Pszczółkowski *et al.*, 1985). Los efectos de la mayor exposición de los racimos (más azúcar y color y menor acidez y pudrición gris) son acentuados en años fríos (Koblet, 1988) y cuando los racimos reciben muy bajos niveles de radiación (Kliewer *et al.*, 1988). El deshoje afecta directamente la relación hoja:fruta, que en algunos casos resulta en un atraso de la maduración (Iacono *et al.*, 1995; Petrie *et al.*, 2000; Vasconcelos y Castagnoli, 2000).

Los efectos de la carga y el microclima se han estudiado en forma separada. Las variaciones en el microclima producidas por modificaciones en el nivel de carga y las variaciones en la relación hoja/fruta provocadas por algunas alteraciones del follaje impuestas para modificar el microclima, dificultan la interpretación de los resultados en muchos trabajos. Este hecho hace aconsejable el estudio de los dos factores en forma combinada. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar experimentalmente y en forma combinada, los efectos del nivel de carga y del microclima sobre la fruta y el vino de Cabernet-Sauvignon en las condiciones de clima cálido de la zona central de Chile.

MATERIALES Y METODOS

Antecedentes generales. La investigación se realizó en la viña Santa Rita en Alto Jahuel, Región Metropolitana, valle del Maipo, Chile. Las vides cv. Cabernet-Sauvignon de 6 años de edad y relativamente uniformes en vigor y desarrollo, fueron

plantadas a 1,5 x 2 m, orientadas N-S, conducidas en espaldera vertical con dos pares de alambres de follaje y podadas en cordón bilateral, a 90 cm de altura. Un conteo realizado antes de flor dio como resultado un promedio de 28 brotes m^{-1} de hilera que a plena flor medían en promedio 118 cm. Durante la temporada del experimento, el viñedo recibió tres riegos por surcos: durante la floración (20 de noviembre), el 20 de diciembre y durante la pinta (22 de enero). No se fertilizó, tampoco se desbrotó, y se realizó una poda de verano que consistió en la chapoda mecánica de brotes a una longitud de 120 cm, efectuada el 7 de diciembre. Los estados fenológicos ocurrieron el 23-noviembre plena flor; 21-enero pinta y 12-abril cosecha.

Generación de las condiciones de carga y microclima. El experimento se realizó combinando tres niveles de carga (100, 66 y 33%) y tres condiciones de microclima (normal, sombra y expuesto), resultando 9 tratamientos. Para generar los distintos niveles de carga se hizo un raleo de racimos. Este fue realizado entre el 4 y el 7 de diciembre, cuando las bayas medían 4 mm de diámetro y consistió en la eliminación de uno de cada tres racimos y dos de cada tres en el caso de los tratamientos con 66 y 33% de la carga natural del viñedo, respectivamente.

La condición de microclima normal correspondió a la condición del viñedo, donde los brotes se condujeron en forma vertical con ayuda de los alambres de follaje. Unos 10 días antes de pinta (6 a 11 de enero) se doblaron los brotes de los tratamientos con sombra para posicionar una mayor cantidad de hojas sobre los racimos (Figura 1). Esto se hizo cambiando la posición vertical de los brotes por una posición horizontal curvada en el sentido de la hilera, con las puntas de los brotes sobre los racimos. Eso resultó en una arquitectura del follaje más ancha y baja, con los racimos totalmente sombreados. Poco antes de pinta (12 a 19 de enero) se realizó un deshoje severo en las plantas de los tratamientos con microclima expuesto, eliminando las hojas que impidieran ver claramente todos los racimos a un observador parado entre dos hileras.



Figura 1. Orientación de los brotes de la vid en las condiciones de microclima impuestas en el viñedo. La planta A presenta los brotes verticales y corresponde a los tratamientos de microclima normal y expuesto. La planta B corresponde a la condición de sombra, con los brotes doblados en forma de arco en el sentido de las hileras y con los extremos cubriendo a los racimos.

Shoot position of grapevine on the microclimate categories imposed in the vineyard. Plant A presents vertical shoots corresponding to the treatments of normal and exposed microclimate. Plant B corresponds to the shade category, with the shoots bent to a bow shape toward the rows.

Medición del microclima en el nivel de los racimos. Los días 16 y 27 de febrero, se midió la intensidad luminosa tres veces en el día: entre las 9:30 y 11:00 h, 12:00 y 13:30 h y entre las 15:30 y 17 h, en días completamente despejados. Se usó un quantum radiómetro fotómetro marca LICOR, modelo 188B con un sensor de quantum Li-190SA para medir el flujo de radiación fotosintéticamente activa (RFA) a 7 cm a cada lado (este y oeste) del alambre de carga (zona densamente ocupada por racimos), en las tres plantas centrales de cada unidad experimental. Se midió también la radiación ambiental para expresar la intensidad luminosa en el nivel de los racimos como porcentaje de la radiación ambiental.

Además, el 16 de febrero se instalaron sensores de temperatura HOBO, ubicados en el alambre de carga sobre el punto de división del tronco de la planta central de cada unidad experimental. Los instrumentos fueron programados para tomar registros cada 10 minutos durante 48 horas. Por la

ubicación de los sensores, los registros correspondieron a la temperatura del aire en el entorno de los racimos.

Efectos de la carga y el microclima sobre los componentes del rendimiento. Para determinar el nivel de carga final de cada tratamiento, el 8 y 9 de diciembre (inmediatamente después del raleo) se contaron los racimos de las cinco plantas de la hilera central de cada unidad experimental. El peso de racimos se determinó pesando una muestra de 15 racimos de cada unidad experimental. El peso de bayas se determinó sobre una muestra de 200 bayas de cada unidad experimental colectada un día antes de la cosecha, sacando una baya por racimo desde la zona media de éste.

Efectos de la carga y el microclima sobre la composición de las bayas y el mosto. Un día antes de la cosecha se colectó una muestra de 300 bayas de cada unidad experimental, sacando una baya por racimo desde su zona media, que se usó para las determinaciones de sólidos solubles, acidez titulable y pH.

Efectos de la carga y el microclima sobre la composición y calidad del vino. El 12 de abril se cosechó una muestra de aproximadamente 40 kg de uva de cada unidad experimental de la cual se extrajeron 18 L de mosto. La vinificación de cada muestra se realizó separadamente de acuerdo con Pszczółkowski *et al.*, (2000). Los vinos se analizaron químicamente entre enero y marzo de 2001, de acuerdo a los procedimientos descritos por Bordeu y Scarpa (2000). Se midió la densidad, pH, acidez total, grado alcohólico, contenido de potasio, antocianas totales (DO_{520}), intensidad colorante ($DO_{420+520+620}$) y matiz (DO_{420}/DO_{520}), determinados por espectrofotometría óptica.

Diseño experimental. Los tratamientos tuvieron un diseño experimental de bloques completos al azar. Se usaron cinco bloques de cinco hileras seguidas cada uno, en las que se aplicaron los nueve tratamientos en cinco plantas seguidas de cada hilera, resultando 45 unidades experimentales compues-

tas por 25 plantas cada una. Las tres plantas centrales de cada unidad experimental se usaron para todas las mediciones de campo. Los datos se sometieron a análisis de varianza de dos vías para observar el efecto de la carga, el microclima y la interacción entre estos factores. Cuando éste expresó diferencias significativas ($p < 0,05$), se separaron las medias según la comparación múltiple de Tukey.

RESULTADOS

Microclima en la zona de los racimos. El nivel de carga no afectó en este trabajo al microclima del follaje (Tabla 1). El deshoje y el posicionamiento de brotes practicados al inicio de pinta, en cambio, mostraron ser efectivos en modificar el ambiente luminoso en la zona de los racimos. La radiación fotosintéticamente activa (RFA) medida en la zona de los racimos y expresada como porcentaje de RFA ambiente, mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las condiciones de microclima. El deshoje que se realizó 10 días antes de pinta demostró ser más efectivo que el posicionamiento de brotes en modificar la exposición de los racimos a la radiación. En promedio, la condición expuesto presentó niveles de luminosidad en los racimos de 29,3% del ambiente (Tabla 1), mientras las condiciones normal y de sombra presentaron niveles del 6,5 y 2,8%, respectivamente.

Los tratamientos deshojados presentaron temperaturas mínimas (Tabla 1) significativamente más bajas que las condiciones normal y sombra. Las temperaturas máximas del aire en la zona de los racimos no mostraron diferencias ($p > 0,05$) entre los tratamientos. La amplitud térmica es una medida más sensible del perfil térmico, porque suma las diferencias en las temperaturas mínimas y máximas. Esta fue 2,4 °C más alta en la condición expuesto que en la condición normal. A diferencia de lo ocurrido con el ambiente luminoso, las temperaturas de la condición sombra presentaron valores intermedios entre las condiciones normal y expuesto.

Tabla 1. Influencia del nivel de carga, el deshoje severo y el posicionamiento de brotes orientado a provocar sombra, sobre el microclima luminoso y térmico en la zona de los racimos de vid Cabernet-Sauvignon.

Influence of crop level, leaf removal and shoot positioning on the light and temperature microclimate around grapevine clusters cv. Cabernet-Sauvignon.

Factor	Temperatura (°C)			Amplitud ²
	RFA (%) ¹	mínima	máxima	
<i>Carga</i>				
100%	11,8 a	12,4 a	32,5 a	20,1 a
66%	13,2 a	12,4 a	32,2 a	19,8 a
33%	13,6 a	12,2 a	32,7 a	20,5 a
<i>Microclima</i>				
Normal	6,5 b ³	12,6 a	31,6 a	19,0 b
Sombra	2,8 c	12,4 a	32,4 a	19,9 ab
Expuesto	29,3 a	12,0 b	33,4 a	21,4 a
<i>Interacción</i>	0,94	0,58	0,96	0,96

¹ Radiación fotosintéticamente activa (RFA) expresada como porcentaje del ambiente. Promedios de las mediciones realizadas a distinta hora, fecha y lado de la espaldera, con cielo totalmente despejado.

² Diferencia entre las temperaturas mínima y máxima diarias medidas en la zona de los racimos durante 48 horas.

³ Promedios con igual índice en las columnas y para el mismo factor, no difieren ($p < 0,05$) según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Como resultado de la modificación de la forma del follaje de los tratamientos de sombra, tanto los racimos como las hojas de esos tratamientos recibieron menores flujos de radiación. Los tratamientos expuestos presentaron una mayor exposición de los racimos a la luz debido a la reducción del área foliar como resultado del deshoje, pero sin variar la exposición de las hojas remanentes.

Efectos de la carga y el microclima sobre los componentes del rendimiento. El número de racimos por planta correspondió a los niveles de carga que se buscaba obtener mediante el raleo (Tabla 2). Los tratamientos no afectaron ($p > 0,05$) el peso de racimos ni el peso de bayas. El raleo de racimos cuando las bayas tenían un diámetro de 4 mm, no influyó sobre estos componentes del rendimiento. Los tratamientos de deshoje y posicionamiento de bro-

tes tampoco tuvieron efecto sobre estos componentes del rendimiento. El rendimiento en kilos por planta mantuvo una proporción de 100, 65,7 y 34,3% de la carga del viñedo como producto de la eliminación de 0, 33 y 66% de los racimos originales, respectivamente.

Tabla 2. Efecto de tres niveles de carga (100, 66 y 33%) y tres condiciones de microclima (normal, sombra y expuesto) sobre los componentes del rendimiento de plantas Cabernet-Sauvignon.

Effect of three crop levels (100, 66 and 33%) and three levels of clusters sunlight exposure (normal, shaded and exposed) on the yield components of Cabernet-Sauvignon vines.

Factor	Carga (racimos planta ⁻¹)	Rendimiento (kg planta ⁻¹)	Peso de racimos (g)	Peso de bayas (g)
<i>Carga</i>				
100%	66,2 a ¹	7,0 a	105,5 a	1,21 a
66%	43,0 b	4,6 b	107,7 a	1,24 a
33%	22,6 c	2,4 c	107,6 a	1,24 a
<i>Microclima</i>				
Normal	44,2 a	4,7 a	107,1 a	1,23 a
Sombra	43,6 a	4,6 a	105,3 a	1,22 a
Expuesto	44,0 a	4,7 a	108,5 a	1,24 a
<i>Interacción</i>	0,16	0,32	0,07	0,50

¹ Promedios con igual índice en las columnas y para el mismo factor, no difieren ($p < 0,05$) según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Efectos de la carga y el microclima sobre la composición de las bayas y el mosto. La densidad del mosto fue afectada por la carga y el microclima (Tabla 3). Existió diferencias en la densidad del mosto provocada por los distintos niveles de carga ($p < 0,05$) y la relación entre el nivel de carga y la densidad del mosto fue inversa. Por otra parte, el microclima de la condición sombra causó una menor densidad del mosto en comparación con la condición normal.

La acidez total de las bayas (Tabla 3) en los tratamientos no raleados (100%) fue mayor que la de los tratamientos con la menor carga (33%) y no se midió diferencias ($p > 0,05$) en la acidez total de las bayas provenientes de distintas condiciones de microclima.

No existieron diferencias ($p > 0,05$) en el pH del mosto que se puedan atribuir al nivel de carga o a la condición de microclima y todos los tratamientos presentaron altos niveles de pH, no deseables para la vinificación (Tabla 3).

Los tratamientos raleados presentaron una mayor relación sólidos solubles:acidez que los no raleados (Tabla 3). Según éste índice, el grado de maduración de todos los tratamientos se puede definir como de sobremadurez (Oreglia, 1978).

Tabla 3. Efecto de tres niveles de carga (100, 66, 33%) y tres condiciones de microclima (normal, sombra y expuesto) sobre la composición del mosto de Cabernet-Sauvignon.

Effect of three crop levels (100, 66 and 33%) and three microclimate categories (normal, shaded and exposed) on must composition of Cabernet-Sauvignon.

Factor	Densidad (g L ⁻¹)	AT ¹ (g L ⁻¹)	pH	Índice °Brix AT ⁻¹
<i>Carga</i>				
100%	1.102 c ²	3,97 a	3,9 a	5,8 b
66%	1.105 b	3,51 ab	4,0 a	6,9 a
33%	1.109 a	3,45 b	4,0 a	7,0 a
<i>Microclima</i>				
Normal	1.107 a	3,56 a	3,9 a	6,8 a
Sombra	1.103 b	3,59 a	4,0 a	6,5 a
Expuesto	1.105 ab	3,78 a	3,9 a	6,3 a
<i>Interacción</i>	0,63	0,21	0,32	0,09

¹ Acidez total (AT) expresada como ácido tartárico.

² Promedios con igual índice en las columnas y para el mismo factor, no difieren ($p < 0,05$) según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Efectos de la carga y el microclima sobre la composición y calidad del vino. Los vinos obtenidos de plantas con 100% de carga presentaron mayor acidez total y menor pH y contenido de potasio que aquellos obtenidos del nivel de carga de 33%. El nivel de carga de 66% presentó valores intermedios (Tabla 4). No hubo diferencias ($p > 0,05$) entre las condiciones de microclima en la acidez total, el pH ni en el contenido de potasio del vino.

No se encontró influencia de la carga o del microclima sobre el contenido de antocianinas totales en el vino (Tabla 5). La intensidad colorante de los vinos de la condición sombra fue significativamente menor ($p < 0,05$) que en los vinos de las condiciones normal y expuesto. Por otra parte, el matiz fue menor (vinos más violetas, mayor calidad de color) en vinos con la carga total que en los raleados. Esto podría explicarse por el menor pH (Tabla 4) encontrado en los vinos de los tratamientos con 100% de la carga.

Tabla 4. Efecto de tres niveles de carga (100, 66, 33%) y tres condiciones de microclima (normal, sombra y expuesto) sobre la composición del vino de Cabernet-Sauvignon.

Effect of three crop levels (100, 66 and 33%) and three microclimate categories (normal, shaded and exposed) on Cabernet-Sauvignon wine composition.

Factor	Grado alcohólico (°GL ¹)	pH	AT ² (g L ⁻¹)	Potasio (mg L ⁻¹)
<i>Carga</i>				
100%	13,7 c ³	4,0 c	2,6 a	1.188 b
66%	14,3 b	4,1 b	2,4 ab	1.340 ab
33%	14,7 a	4,2 a	2,1 b	1.493 a
<i>Microclima</i>				
Normal	14,5 a	4,1 a	2,4 a	1.345 a
Sombra	13,9 b	4,1 a	2,2 a	1.358 a
Expuesto	14,3 a	4,0 a	2,5 a	1.318 a
<i>Interacción</i>	0,56	0,43	0,62	0,65

¹ Grados Gay-Lussac = porcentaje volumen/volumen.

² Acidez total expresada como ácido sulfúrico.

³ Promedios con igual índice en las columnas y para el mismo factor, no difieren ($p < 0,05$) según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Tabla 5. Efecto de tres niveles de carga (100, 66 y 33%) y tres condiciones de microclima (normal, sombra y expuesto) sobre el contenido de antocianinas, la intensidad colorante y matiz del vino. *Effect of three crop levels (100, 66 and 33%) and three microclimate categories (normal, shaded and exposed) on wine anthocyanin content, and color intensity and quality.*

Factor	Antocianinas (mg L ⁻¹)	IC ¹	Matiz ²
<i>Carga</i>			
100%	436 a	13,3 a	0,75 b
66%	412 a	12,7 a	0,79 a
33%	447 a	13,3 a	0,82 a
<i>Microclima</i>			
Normal	446 a	14,1 a ³	0,78 a
Sombra	429 a	11,2 b	0,79 a
Expuesto	420 a	14,0 a	0,78 a
<i>Interacción</i>	0,74	0,14	0,24

¹ Intensidad de color medida a una densidad óptica (DO) a la longitud de onda indicada = $DO_{420+520+620}$

² Determinado por la relación DO_{420}/DO_{520}

³ Promedios con igual índice en las columnas y para el mismo factor, no difieren ($p < 0,05$) según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

DISCUSION

Las mediciones del ambiente luminoso y térmico realizadas, comprobaron las diferencias microclimáticas generadas por las manipulaciones del follaje que originaron las condiciones de microclima evaluadas. El nivel de radiación medido en la zona de los racimos de las condiciones normal y sombra, es muy similar a los niveles medidos por Dokoozlian y Kliewer (1995) y Smart *et al.*, (1982) al interior de follajes muy densos.

No se observó efectos del deshoje sobre el peso de bayas o de racimos, al igual que en estudios realizados por Smith *et al.* (1988) y Bledsoe *et al.* (1988). Morrison (1988), observó un menor peso de bayas en plantas con sombra en el follaje y Crippen y Morrison (1986), encontraron un mayor peso de bayas en racimos ubicados a la sombra. En este trabajo, la sombra sobre el follaje y los racimos, impuesta mediante el posicionamiento de brotes poco antes de la pinta, no afectó el peso de las bayas.

Los componentes del rendimiento no fueron afectados por el nivel de carga. Bravdo *et al.*, (1985a) en Cabernet-Sauvignon, tampoco observaron diferencias en el número de bayas por racimo ni en el peso de bayas, al ralea el 33% y 66% de los racimos inmediatamente después de plena flor.

La acumulación de azúcar en las bayas, en cambio, fue afectada por el nivel de carga. Al igual que en otros trabajos (Bravdo *et al*, 1984; Bravdo *et al*, 1985a; Edson *et al*, 1995b; Howell *et al*, 1987; Iacono *et al*, 1995; Jackson, 1986; Ough y Nagaoka, 1984), los mostos de cargas altas presentaron menores concentraciones de azúcar, como resultado de un retraso de la maduración. Las modificaciones del follaje impuestas con el propósito de modificar el microclima también afectaron el tenor de azúcar. Los tratamientos de la condición expuesto presentaron valores intermedios de densidad del mosto. Esta situación puede deberse a que al deshojar se removió una parte de la superficie foliar funcional, que afectó la acumulación de azúcar en las bayas. La menor proporción de superficie foliar expuesta es la causa probable de una menor concentración de azúcar en los mostos de la condición sombra. La condición sombra conseguida al constreñir el follaje a un volumen menor, afectó la exposición tanto de los racimos como de las hojas. Disminuyó así la relación hoja expuesta:fruta, por lo que este estudio no permite atribuir a una de las dos: 1) la menor exposición del follaje o 2) de los racimos, la menor acumulación de azúcar en las bayas. Morrison (1988) observó que la exposición del follaje favoreció más la acumulación de azúcar en las bayas que la exposición de los racimos. Se puede inferir de estos resultados que la menor exposición del follaje en la condición sombra, afectó negativamente la acumulación de azúcar en las bayas. Por otra parte, la mayor acidez total en las bayas de los tratamientos no raleados comparada con la de los tratamientos raleados contribuyó a acentuar las diferencias en la relación SS:AT. El nivel de carga no afectó la acidez titulable de las bayas en los trabajos de Edson *et al* (1993); Edson *et al* (1995b); Freeman y Kliewer (1983); y Ough y Nagaoka (1984).

Se ha visto que los racimos más expuestos presentan menor acidez total, explicada por un menor tenor de ácido málico (Kliewer *et al*, 1988; Reynolds *et al*, 1986; Smith *et al*, 1988). En este trabajo no se observó diferencias ($p > 0,05$) en la acidez total entre distintas condiciones de

microclima. Crippen y Morrison (1986), tampoco encontraron diferencias en acidez total entre racimos expuestos y sombríos. En ese caso, las bayas de racimos ubicados en la sombra presentaron mayor cantidad de ácidos y fueron más grandes, produciéndose una dilución de los ácidos en un mayor contenido de agua. En este trabajo, no hubo diferencias en tamaño de bayas que permitan atribuir a una mayor dilución, la ausencia de diferencias en acidez titulable entre microclimas. La degradación del ácido málico está relacionada con la tasa respiratoria de las células, que es directamente afectada por la temperatura del tejido. El nivel de carga no influyó sobre el microclima de los racimos, por lo que la causa de las diferencias observadas en la acidez total entre distintos niveles de carga podría estar relacionada con la acumulación de ácidos en las bayas más que con la degradación de éstos durante la maduración.

Aunque existieron diferencias entre los tratamientos en el contenido de azúcar y acidez total, sus niveles, además del alto pH, indican un nivel de sobremadurez no conveniente para la elaboración de vinos de alta calidad.

Los efectos de la carga sobre la composición del vino encontrados, son coincidentes con los descritos por Bravdo *et al.*, (1985a; 1985b), quienes también encontraron mayor acidez total y menor pH y contenido de potasio en vinos de plantas Cabernet-Sauvignon sin ralear, comparado con vinos de plantas raleadas. No hubo diferencias entre las condiciones de microclima en la acidez total, el pH ni en el contenido de potasio del vino, a diferencia de lo encontrado por Smart *et al.*, (1985b), quienes en los tratamientos en que era mayor la sombra en el follaje, obtuvieron vinos con mayor contenido de potasio, correlacionado positivamente con el pH. Los mismos autores (Smart *et al*, 1985a) señalan que la mayor acumulación de potasio en los brotes de microclimas sombríos ocurre antes de la pinta. En este estudio, los tratamientos de sombra se impusieron muy cerca del inicio de la pinta (10 días antes), lo que podría explicar que no se obtuviera un mayor contenido de potasio del vino de esos tratamientos.

En otros estudios, los racimos sometidos a condiciones de baja luminosidad dieron vinos con menor contenido de antocianinas (Morrison, 1988; Smart, 1982; Smart *et al.*, 1985b). En experimentos realizados por Iland (1988) y por Freese (1988), el deshoje en la zona de los racimos favoreció un mayor contenido de antocianinas en las bayas. Haselgrove *et al.* (2000) encontraron que la luz en las bayas es un factor limitante en la acumulación de antocianinas, a la vez que las temperaturas muy altas reducen su contenido. Este efecto de las temperaturas elevadas en las bayas fue observado también por Berqvist *et al.* (2001) y por Kliewer (1977). En este trabajo, el deshoje practicado en la zona de los racimos de la condición expuesto fue intenso. Además de mejorar la cantidad de luz incidente sobre los racimos, la mayor radiación recibida por estos pudo traer como consecuencia aumentos de temperatura desfavorables a la acumulación de este pigmento en las bayas.

Los resultados obtenidos, mostraron una mayor influencia de la carga que de la condición de microclima sobre las características de las bayas y del vino. El nivel de carga influyó significativamente sobre el tenor de azúcar y la acidez total de las bayas. En el vino, la carga influyó sobre el pH, la acidez total, el contenido de potasio, el matiz y la astringencia. El microclima, en cambio, influyó sobre la concentración de azúcar y la tasa de fermentación del mosto, como también sobre la intensidad colorante del vino.

En Chile, durante las últimas temporadas, se nota una tendencia en la industria vitivinícola a cosechar las uvas con estados de madurez muy avanzados, con lo que se obtienen vinos con alta graduación alcohólica, pero con problemas de baja acidez y pH alto. En condiciones de clima cálido, donde lo normal es que el cepaje estudiado alcance una completa maduración, un ajuste severo de la carga acelera la maduración, obligando al viticultor a cosechar más temprano. Esto podría oponerse a la obtención de una adecuada maduración de otros componentes importantes para la calidad como

son los aromas y los polifenoles. De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, la sombra del follaje y los altos niveles de carga fueron favorables para una acumulación más lenta de azúcar, que permitiría atrasar la cosecha y así alcanzar una madurez más completa de los demás componentes de las bayas. La información es escasa en Chile a este respecto, por lo que es necesario que a futuro se investigue cuál es el ritmo adecuado de maduración de esta variedad para lograr un equilibrio adecuado de los distintos atributos de calidad. Sólo una vez conocida la conveniencia de adelantar o retrasar la maduración, se justifica la decisión de realizar prácticas de manejo como el raleo de racimos, cuyo principal efecto es acelerar la acumulación de azúcar en las bayas, adelantando la fecha en que se debe cosechar.

Los viñedos caracterizados por una baja capacidad de las plantas, generalmente presentan una alta exposición de los racimos a la radiación, producto de un menor tamaño de las hojas y menor desarrollo de brotes laterales. El microclima en esas condiciones favorece al desarrollo de aromas y polifenoles. Sin embargo, la acumulación de azúcar puede verse afectada por una baja relación hoja:fruta y justificar así la decisión de raleo de racimos para asegurar una completa madurez. En viñedos vigorosos, la situación es distinta y la preocupación por asegurar una condición de microclima favorable es más importante para la calidad que un aumento de la relación hoja:fruta.

El clima imperante durante la temporada de desarrollo y maduración de la fruta es otro factor que debiera ser tomado en cuenta a la hora de tomar una decisión respecto de favorecer un adelanto en la acumulación de azúcar. La exposición de las hojas a la luz solar y de los racimos a las condiciones determinadas por el macroclima, adquiere una importancia mayor en temporadas frías, húmedas y de alta nubosidad. En esas temporadas, la intensidad del deshoje debiera ser mayor. Bajo esas con-

diciones, el raleo de racimos podría ser aconsejable incluso en viñedos de alta capacidad con el fin de asegurar un equilibrio favorable entre la superficie foliar expuesta, el nivel de radiación incidente y la cantidad de fruta presente.

Por lo tanto, sobre la base de los resultados del presente trabajo se concluye que el nivel de carga afecta principalmente a la madurez de las bayas y que la magnitud de los efectos está estrechamente relacionada con la superficie foliar expuesta y el nivel de radiación incidente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento al proyecto FDI 99/AT-21 CORFO y la colaboración prestada por Ana Fernández y Marco González durante la realización de este trabajo.

RESUMEN

En un experimento que se llevó a cabo durante la temporada 1999-2000 en Alto Jahuel, Chile, se evaluaron los efectos de tres niveles de carga (100, 66 y 33%) y tres niveles de exposición de los racimos (normal, sombra y expuesto) sobre los componentes del rendimiento y la composición y calidad de las bayas y el vino de Cabernet-Sauvignon. Todos los tratamientos fueron cosechados en la misma fecha, con un grado de sobremadurez más avanzado en los tratamientos con menor nivel de carga y mayor superficie foliar bien iluminada. Los niveles de carga y de microclima no afectaron componentes del rendimiento como peso de bayas y peso de racimos. La acidez total del mosto fue superior y el pH, contenido de potasio y matiz menores en plantas con mayor carga. No hubo diferencias entre mostos provenientes de microclimas distintos en esos parámetros. El microclima influyó sobre el tenor de azúcar y la intensidad colorante del vino. El nivel de carga afectó principalmente a la madurez de las bayas y la magnitud de los efectos estuvo estrechamente relacionada con la superficie

foliar expuesta y el nivel de radiación incidente.

LITERATURA CITADA

- Bergqvist, J., N. Dokoozlian and 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. *Am. J. Enol. Vitic.* 52(1):1-7.
- Bledsoe, A. M., W. M. Kliever and J. J. Marois, 1988. Effects of timing and severity of leaf removal on yield and fruit composition of Sauvignon blanc grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 39(1):49-54.
- Bordeu, E. y J. Scarpa, 2000. Análisis Químico del Vino. (Segunda edición) Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 253 p.
- Bravdo, B., I. Hepner, C. Loinger, S. Cohen and H. Tabacman, 1984. Effect of crop level in a high yielding Carignane vineyard on growth, yield and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 35:247-252.
- Bravdo, B., I. Hepner, C. Loinger, S. Cohen and H. Tabacman, 1985a. Effect of crop level and crop load on growth, yield, must and wine composition, and quality of Cabernet sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 36(2):125-131.
- Bravdo, B., I. Hepner, C. Loinger, S. Cohen, and H. Tabacman, 1985b. Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 36(2):132-139.
- Crippen, D. D. and J. C. Morrison, 1986. The effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet sauvignon berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 37(4):235-242.
- Dokoozlian, N. K. and W. M. Kliever, 1995. The light environment within grapevine canopies. I. Description and seasonal changes during fruit development. *Am. J. Enol. Vitic.* 46(2):209-218.
- Edson, C. E., G. S. Howell and J. A. Flore, 1993. Influence of crop load on photosynthesis and dry matter partitioning of Seyval grapevines. I. Single leaf and whole vine response pre- and post-harvest. *Am. J. Enol. Vitic.* 44(2):139-147.

- Edson, C. E., G. S. Howell and J. A. Flore, 1995a. Influence of crop load on photosynthesis and dry matter partitioning of Seyval grapevines. II. Seasonal changes in single leaf and whole vine photosynthesis. *Am. J. Enol. Vitic.* 46(4): 469-477.
- Edson, C. E., G. S. Howell and J. A. Flore, 1995b. Influence of crop load on photosynthesis and dry matter partitioning of Seyval grapevines. III. Seasonal changes in dry matter partitioning, vine morphology, yield, and fruit composition. *Am. J. Enol. Vitic.* 46(4):478-485.
- Freeman, B. F. and W. M. Kliewer, 1983. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. II. Grape and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 34(3):197-207.
- Freese, Ph. K. 1988. Canopy modification and fruit composition. *In: Proceedings of the second international cool climate viticulture and oenology (11-15 January 1988, Auckland, New Zealand)*. Edts. R. E. Smart, R. J. Thornton, S. B. Rodrigues y J. E. Young. Auckland. p. 134-136
- Haselgrove, L., D. Botting, R. van Heeswijk, P. B. Hoj, P. R. Dry, C. Ford and P. G. Iland, 2000. Canopy microclimate and berry composition: The effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries. *Aus. J. of Grape and Wine Res.* 6:141-149.
- Howell, G. S., T. K. Mansfield and J. A. Wolpert, 1987. Influence of training system, pruning severity, and thinning on yield, vine size, and fruit quality of Vidal blanc grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 38(2):105-112.
- Iacono, F., M. Bertamini, A. Scienza and B. G. Coombe, 1995. Differential effects of canopy manipulation and shading of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet sauvignon. Leaf gas exchange, photosynthetic electron transport rate and sugar accumulation in berries. *Vitis* 34(4):201-206.
- Iland, P. G. 1988. Leaf removal effects on fruit composition. *In: Proceedings of the second international cool climate viticulture and oenology (11-15 January 1988, Auckland, New Zealand)*. Edts. R. E. Smart, R. J. Thornton, S. B. Rodrigues y J. E. Young. Auckland. p. 137-138
- Jackson, D. Y., 1986. Factors affecting soluble solids, acid, pH, and color in grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 37(3):179-183.
- Kliewer, W. M., 1977. Influence of temperature, solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 28(2):96-103.
- Kliewer, W. M., J. J. Marois, A. M. Bledsoe, S. P. Smith, M. J. Benz and O. Silvestroni, 1988. Relative effectiveness of leaf removal, shoot positioning, and trellising for improving winegrape composition. *In: Proceedings of the second international cool climate viticulture and oenology (11-15 January 1988, Auckland, New Zealand)*. Edts. R. E. Smart, R. J. Thornton, S. B. Rodrigues y J. E. Young. Auckland. p.123-126.
- Koblet, W. Canopy management in swiss vineyards. 1988. *In: Proceedings of the second international cool climate viticulture and oenology (11-15 January 1988, Auckland, New Zealand)*. Edts. R. E. Smart, R. J. Thornton, S. B. Rodrigues y J. E. Young. Auckland. p. 161-164.
- Morrison, J. C. 1988. The effects of shading on the composition of Cabernet sauvignon grape berries. *In: Proceedings of the second international cool climate viticulture and oenology (11-15 January 1988, Auckland, New Zealand)*. Edts. R. E. Smart, R. J. Thornton, S. B. Rodrigues y J. E. Young. Auckland. p. 165-167.
- Oreglia, F., 1978. *Enología Teórico-Práctica*. (Segunda edición) Inst. Salesiano de Artes Gráficas, Buenos Aires, Argentina. 731 pp.
- Ough, C. S. and R. Nagaoka, 1984. Effect of cluster thinning and vineyard yields on grape and wine composition and wine quality of Cabernet sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 35(1):30-34.
- Petrie, P. R., M. C. T. Trought and G. S. Howell, 2000. Fruit composition and ripening of Pinot noir (*Vitis vinifera* L.) in relation to leaf area. *Aus. J. of Grape and Wine Res.* 6(46):46-51.
- Pszczółkowski, Ph., A. Morales y S. Cava, 1985. Composición química y calidad de mostos y vinos obtenidos de racimos diferentemente soleados. *Ciencia e Investigación Agraria* 12(3):181-187.
- Pszczółkowski, Ph., P. Anex-dit-Chenaud and A. Jure, 2000. *Manual Taller de Microvinificación*. 6ª Edición Corregida. Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de

- Fruticultura y enología. Colección de Docencia. Santiago. 54 pp.
- Reynolds, A. G, R. M. Pool and L. R. Mattick, 1986. Influence of cluster exposure on fruit composition and wine quality of Seyval blanc grapes. *Vitis* 25:85-95.
- Reynolds, A. G., S. F. Price, D. A. Wardle, and B. T. Watson, 1994. Fruit environment and crop level effects on Pinot noir. I. Vine performance and fruit composition in British Columbia. *Am. J. Enol. Vitic.* 45(4):452-459.
- Reynolds, A. G., S. Yerle, B. T. Watson, S. F. Price and D. A. Wardle, 1996. Fruit environment and crop level effects on Pinot noir. III. Composition and descriptive analysis of Oregon and British Columbia wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 47(3):329-339.
- Smart, R. E. 1982. Vine manipulation to improve wine grape quality. *Proc. Int. Symp. Grape and Wine Cent.* (Junio 1980 Univ. Of Calif., Davis) A. D. Webb (Ed) California, EU. p. 362-375.
- Smart, R. E. 1985. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. *Am. J. Enol. Vitic.* 36(3):230-239.
- Smart, R. E., J. B. Robinson, G. R. Due, and C. J. Brien, 1985a. Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz I. Definition of canopy microclimate. *Vitis* 24:17-31.
- Smart, R. E., J. B. Robinson, G. R. Due, and C. J. Brien, 1985b. Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz II. Effects on must and wine composition. *Vitis* 24:119-128.
- Smart, R. E., N. J. Shaulis and E. R. Lemon. 1982. The effect of Concord vineyard microclimate on yield. I. The effects of pruning, training, and shoot positioning on radiation microclimate. *Am. J. Enol. Vitic.* 33(2):99-108.
- Smith, S., Y. C. Codrington, M. Robertson and R. E. Smart, 1988. Viticultural and oenological implications of leaf removal for New Zealand vineyards. *In: Proceedings of the second international cool climate viticulture and oenology* (11-15 January 1988, Auckland, New Zealand). Edts. R. E. Smart, R. J. Thornton, S. B. Rodrigues y J. E. Young. Auckland. p. 127-133.
- Vasconcelos, M. C. and S. Castagnoli, 2000. Leaf canopy structure and vine performance. *Am. J. Enol. Vitic.* 51(4):390-396.