

Efecto de la temperatura y la poda tardía sobre la fisiología y calidad del cv. Merlot en el Valle Central de Chile

Effect of temperature and late pruning on the physiology and quality of cv. Merlot in the Central Valley of Chile

Carolina Salazar-Parra¹, José Macias^{1,2}, Marisol Reyes¹ y Cecilia Peppi¹

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Chile

²Estudiante de Magister, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Chile

Resumen. La Poda tardía (PT) ha surgido como una herramienta que podría apoyar la adaptación de la viticultura frente al cambio climático, pudiendo retrasar la maduración y reducir el desequilibrio en la madurez entre los azúcares, ácidos y compuestos fenológicos, producidos por el incremento de temperatura (T). El objetivo del estudio fue evaluar la PT en cv. Merlot del Valle Central de Chile, en 2 condiciones de temperatura: Ambiente; Elevada y 3 momentos de poda: Invierno; Brotación; Brotes 2-4 cm. Se realizó un seguimiento fenológico, determinación de intercambio gaseoso y crecimiento. Al momento de la cosecha se valoró la calidad de la fruta (brix, acidez, pH) y la concentración de antocianinas.

El aumento de T produjo un incremento de la temperatura de hojas por sobre 30°C, además de caídas en la A_N , g_s y WUE_F , y disminuyó significativamente el rendimiento por planta. Los tratamientos en T elevada presentaron una cosecha adelantada y menor concentración de antocianinas, independiente de la poda, no logrando contrarrestar los efectos de la T. En condiciones de T actual la poda fue capaz de retrasar la cosecha en al menos una semana, sumado a un incremento del 10% de la concentración de antocianinas en piel.

Abstract. Late Pruning (LP) has emerged as a tool that could delay ripening and reduce the imbalance between sugars, acids and phenological compounds produced during ripening by temperature increase. The study aim was to evaluate the LP in the cv. Merlot from the Central Valley of Chile, under two temperature conditions: Ambient – High; and 3 pruning moments: Winter, budbreak; shoots 2-4 cm. During season a phenological follow-up was carried out, gas exchange and crop growth were determined. At harvest, the quality of the grapes (Brix, acidity, pH) was assessed, and the concentration of anthocyanins was determined.

The increase in temperature produced an increase in the leaf temperature above 30°C, in addition to drops in A_N , g_s and WUE_F , in addition to significantly reducing the yield per plant. The high temperature treatments presented an earlier harvest date, independent of pruning. Moreover, a lower anthocyanin concentration was determined under all high temperature treatments, which indicated that late pruning was not able to counteract the effects in Merlot. However, under current temperature conditions, pruning was able to delay the harvest by at least a week, achieving a 10% increase in anthocyanins concentration in the skin, but its effects on acidity must be evaluated.

1 Introducción

El cultivo de uva en Chile se caracteriza por su diversidad geográfica, socioeconómica y agroclimática. Chile cuenta con más de 200.000 hectáreas (ha) cultivadas de vid, siendo aproximadamente el 65% dedicadas a la vinificación. La viticultura chilena está dividida por valles, siendo el Valle Central la principal zona productiva, donde predominan variedades como Cabernet Sauvignon, Merlot, Carmenere o Syrah.

Los cambios en el clima pueden afectar directamente la calidad y producción de la vid, ya que su cultivo depende del clima. En Chile se han analizado diferentes escenarios de cambio climático [1]–[4], y en general se proyecta que la temperatura aumentará en alrededor de 1 °C en el período hasta 2030; 1-2 °C en el período 2040-2070 y entre 3-4°C a finales de siglo, sumado a una disminución de la precipitación. Sin embargo, los efectos del cambio climático ya se han observado en la industria vitivinícola chilena. Por ejemplo, la producción de vino disminuyó entre 2016 y 2017, lo que se relacionó principalmente con

altas temperaturas durante el verano y las lluvias durante cosecha, produciendo bayas y racimos más pequeños y disminuyendo la producción en un 25% respecto a un año normal [5].

Las altas temperaturas durante el desarrollo del viñedo y especialmente durante la maduración han comenzado a cobrar relevancia, debido a que puede afectar directamente la producción y calidad del viñedo e incrementar los efectos de la falta de disponibilidad hídrica.

Los efectos de la temperatura se comienzan a evidenciar en los cambios de fechas de brotación y/o acortamiento de periodos productivos [6]. El acortamiento fenológico producido entre envero y madurez se ha relacionado con la acelerada acumulación de azúcares en las bayas [7]–[9] y desequilibrios en los ácidos orgánicos [8]–[10]. Esto, sumado a los efectos sobre los compuestos fenológicos, donde se ha estudiado ampliamente que la concentración de antocianinas disminuye con la temperatura [11].

Por lo tanto, en condiciones de incremento de temperatura puede ocurrir que la acumulación de

antocianinas y/u otros compuestos fenólicos se retrase y los productores podrían decidir "esperar" hasta obtener una madurez fenólica óptima. Pero, cuando esto ocurre, las bayas continúan acumulando azúcar de forma acelerada, por lo que al momento de cosechar se obtienen bayas con alto contenido de azúcares y por consiguiente mayor nivel de alcohol en vinos.

Para intentar contrarrestar o reducir estos efectos se han evaluado diferentes herramientas de manejo agronómico, muchas de ellas enfocadas en manejos de canopia. Entre ella una interesante alternativa es la Poda Tardía. Esta técnica se ha utilizado principalmente como manejo en el control de heladas y periodos de frío, retrasando la brotación [12], y se ha observado que es posible que sea capaz de generar retrasos en otras etapas fenológicas e incluso en las fechas de cosecha.

La poda tardía se realiza posterior a la brotación de las vides, cuando la planta ya ha movilizad sus reservas para crecimiento de sus brotes, lo que produce una eliminación de estas reservar y un debilitamiento del crecimiento, que podría llevar a un retraso fenológico. A nivel internacional la poda tardía ha reportado resultados positivos sin afectar la productividad y/o la calidad del viñedo [13]–[16].

El objetivo de este estudio es evaluar la poda tardía como estrategia de adaptación frente al incremento de temperatura en viñedos del Valle Central de Chile, determinando si es posible desplazar o retrasar la maduración de las bayas, en días o incluso semanas la cosecha.

2 Materiales y Métodos

2.1 Material Vegetal y ubicación del ensayo

Se utilizó la variedad de *Vitis vinifera* Merlot, ubicada en Valle Central de Chile, específicamente en el Valle del Maipo, en la comuna de Isla de Maipo, en la Región Metropolitana (33°45'40"S - 70°56'03"O). El viñedo tiene un manejo comercial, con plantas de seis años, cultivadas sobre patrón SO4. El sistema de conducción es en espalderas, con una densidad de plantación de 3571 plantas por hectárea aproximadamente (marco plantación 2.0 × 1.4 m). La poda realizada corresponde a cordón apitonado, con dos yemas por pitón, resultando en aproximadamente 28-32 yemas por planta. El riego es por goteo, según requerimiento de las plantas control.

2.2 Tratamientos y diseño experimental

El diseño experimental de este trabajo corresponde a un diseño de parcelas divididas, en el cual se establecieron seis tratamientos, resultantes de la combinación de dos niveles de temperatura y tres fechas de poda. Cada tratamiento cuenta con cuatro repeticiones.

Se implementarán dos tratamientos de temperatura: Control (Temperatura ambiente sin modificaciones) y T+ (Temperatura elevada mediante cámaras de techo abierto u OTC, por sus siglas en ingles).

En cada tratamiento de temperatura se implementaron tres momentos de poda: poda tradicional de invierno (WP); poda en brotación (LP1) y poda en brotes de 2-4 centímetros (LP2). La Tabla 1, resume los tratamientos aplicados y la correspondencia con el estado fenológico

según la fenología E-L modificada por Coombe [17].

Tabla 1. Tratamientos implementados en el cv. Merlot en el Valle Central de Chile, indicando temperatura, tipo de poda y estado fenológico del momento de poda.

Tratamiento	Clave	Temperatura	Poda	Fenología
T1	WP	Ambiente/Control	Tradicional	0
T2	LP1	Ambiente/Control	Tardía	4
T3	LP2	Ambiente/Control	Tardía	9
T4	WP	Elevada / T+	Tradicional	0
T5	LP1	Elevada / T+	Tardía	4
T6	LP2	Elevada / T+	Tardía	9

2.3 Incremento de la temperatura

Para implementar los tratamientos de temperatura se utilizó el sistema de Open Top Chambers (OTC) que es capaz de aumentar la temperatura sin afectar otras variables ambientales. Este sistema descrito por Sadras 2016 [18], permitió aumentar la temperatura del aire dentro de las cámaras, produciéndose un flujo de calor ascendente que aumenta la temperatura de las plantas y las somete a una condición de temperatura superior a la temperatura ambiente. Este sistema se implementó desde el momento de la primera fecha de poda (WP).

2.4 Monitoreo microclimático

Se realizo un seguimiento continuo de la temperatura y humedad del aire, mediante sensores ambientales (Onset, Hobo U23 Prov2, Long Branch, New Jersey). Con los datos obtenidos se determinaron las temperaturas máximas, mínimas y medias, y se calcularon los días con temperaturas sobre 30°C y 35°C.

2.5 Seguimiento fenológico

La fenología de las plantas se determinó semanalmente en cada uno de los tratamientos de acuerdo con la pauta fenológica E-L modificada, descrita por Coombe. Se determinaron finalmente los días de adelanto o retraso de etapas fenológicas claves respecto al tratamiento WP a temperatura ambiente.

2.6 Intercambio gaseoso y temperatura de la hoja

Mediante el uso de un sistema de medición de intercambio gaseosos TARGAS (PpSystem, England) se obtuvo la asimilación neta de CO₂ (A_N), conductancia estomática (g_s), Evapotranspiración (E), eficiencia en el uso del agua asociada a la fotosíntesis (WUE_{ph}) y la temperatura de la hoja (T_{Leaf}). La determinación se realizó en la etapa de post-floración en una hoja joven completamente extendida, entre las 09.00 y 13.00 horas.

2.7 Sólidos solubles totales, acidez y compuestos fenólicos

Los sólidos solubles totales, en grados Brix, y la acidez porcentual se determinaron midiendo mediante un medidor de acidez-brix (Atago pal-bxacid F5).

Las antocianinas totales fueron determinadas mediante un extracto acidificado de 2g de piel de bayas mediante un análisis de perfil de antocianos por HPLC – DAD, expresando los resultados en mg/lit Equivalentes Malvidina 3-Glucósido.

2.8 Parámetros a cosecha

Al momento de la cosecha se pesaron y cuantificaron los racimos de cada planta (>50g), para obtener el peso de racimo, peso por planta y número de racimos.

2.9 Tratamiento estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de la varianza, ANOVA de dos vías, realizando comparaciones múltiples entre todos los tratamientos con una prueba de Fisher's LSD. Las significancias fueron identificadas con un nivel de confianza del 95% ($p < 0.05$). Para el análisis estadístico y desarrollo de los gráficos se utilizó el programa GraphPad Prism.

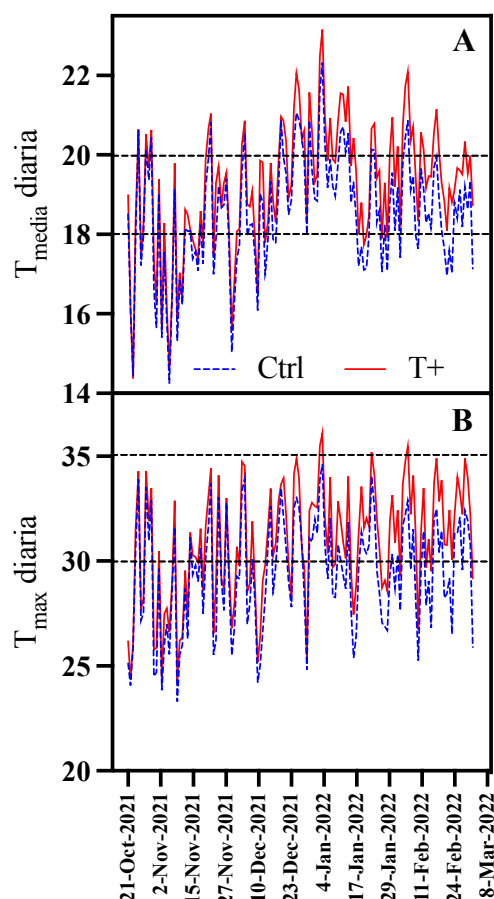


Figura 1. Temperatura media diaria (A) y temperatura máxima diaria (B) en condiciones de temperatura ambiente (Ctrl) y con temperatura elevada a través de OTC (T+).

3 Resultados

Los datos aquí expuestos corresponden a una temporada de evaluaciones en campo, durante el año 2021-2022, por lo que es necesario validar los resultados aquí presentados con una temporada adicional. Por esta razón preferimos referirnos a estos resultados como preliminares.

3.1 Condiciones micro-climáticas

Las OTC lograron incrementar la temperatura media y máxima por sobre las condiciones ambientales, tal como lo refleja la Figura 1. Los meses de mayor calor: diciembre, enero y febrero; se incrementó la temperatura media (Fig. 1A) en 1°C aproximadamente. Por otra parte, las máximas se incrementaron hasta los 2.6°C, superando los 35°C, a la sombra (Fig. 1B). La Figura 1 muestra en línea punteada la variación de la temperatura a la altura de los racimos desde octubre a marzo para el tratamiento control (temperatura actual) y en línea continua el incremento de temperatura producido por las OTC (T+).

El incremento de la temperatura producido por las OTC se vio reflejado en la temperatura de las hojas del cv. Merlot, registradas post-floración (Fig. 2A). La temperatura de las hojas fue significativamente mayor en todos los tratamientos T+, alcanzando valores de 30°C en comparación con los 25°C de las plantas en condiciones control, corroborando que el sistema de OTC es efectivo incrementando la temperatura del dosel.

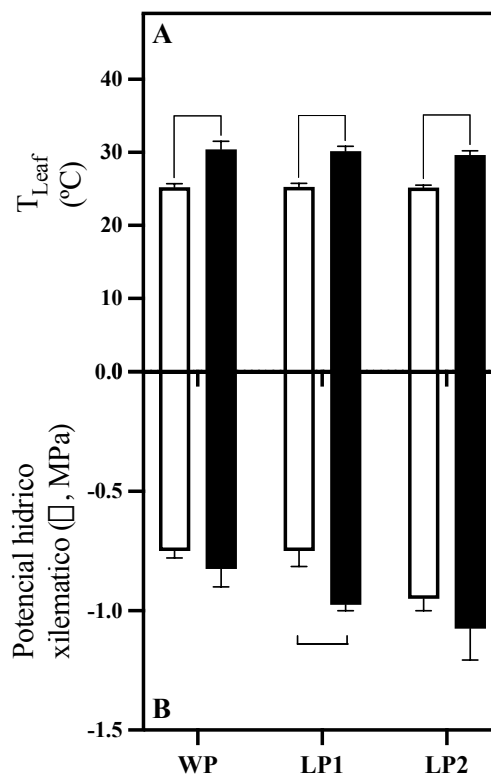


Figura 2. A. Temperatura de la hoja durante el periodo post floración (T_{Leaf}). B. Potencial hídrico xilemático durante el envero; en cv. Merlot en dos condiciones de temperatura: ambiente (control) y elevada (T+), sujetas a tres momentos de poda: WP: poda tradicional de invierno; LP1: poda tardía en brotación y LP2: Poda tardía en brotes de 2-4 cm. Las barras representan la media y el error estándar. Los * indican diferencias significativas de acuerdo con $* = p < 0.05$.

3.2 Intercambio gaseoso

Este aumento en la temperatura de las hojas puede relacionarse directamente con la baja en las tasas de asimilación de CO_2 (Fig. 3A) y conductancia estomática (Fig. 3B) que presentaron las hojas de Merlot.

La A_N (Fig. 3A), presentó disminución en todos los

tratamientos de T+ independiente del momento de poda, evidenciando que la temperatura fue determinante para el desarrollo de la planta. Mas en detalle, el incremento de temperatura produjo una disminución de la A_N de un 56% en los tratamientos de poda tradicional WP, un 57% en LP1 y un 34% en LP2. Esto en concordancia con una disminución significativa de la conductancia estomática (Figura 3B) con valores inferiores a 100 mmol (H₂O) m⁻²s⁻¹ en todos los tratamientos afectados por la temperatura.

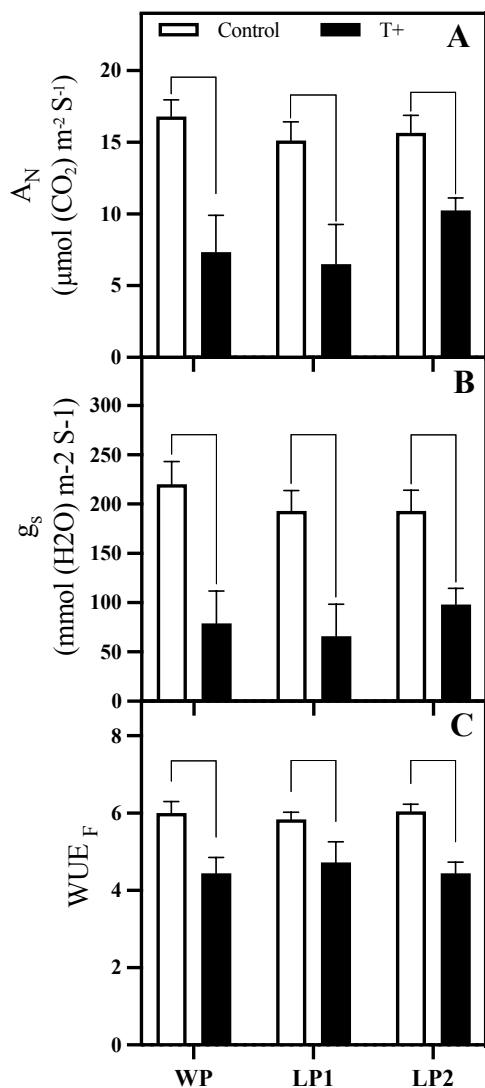


Figura 3. A. Asimilación de CO₂ (A_N), B. Conductancia estomática (g_s), C. Eficiencia en el uso del agua (WUE_F) durante el periodo de post-floración en cv. Merlot en dos condiciones de temperatura: ambiente (control) y elevada (T+), sujetas a tres momentos de poda: WP: poda tradicional de invierno; LP1: poda tardía en brotación y LP2: Poda tardía brotes de 2-4 cm. Las barras representan media y error estándar. Los * indican diferencias significativas de acuerdo con * = p<0.05, ** = p<0.01, *** = p<0.001.

La disminución de la conductancia estomática, por efecto de la temperatura, también se corresponde con los valores obtenidos en potencial hídrico xilemático al

momento del envero (Fig. 2B); donde todos los tratamientos de temperatura presentaron valores mayores de potencial respecto a la temperatura ambiente (control). Esto refleja que las plantas, además de presentar un estrés térmico por efecto del incremento de temperatura, incorporan el factor hídrico, el cual puede intensificar los efectos observados. Es importante recalcar que las condiciones hídricas (riegos) no fueron modificadas en los tratamientos, y el aporte de agua en cada uno de ellos fue idéntico; por lo que el incremento de la temperatura pudo afectar las necesidades de riego, interactuando e intensificando los efectos de la temperatura.

La eficiencia en el uso del agua, calculada como la relación entre la A_N y la tasa de evapotranspiración (E), también evidenció que la poda tardía no fue capaz de contrarrestar los efectos de la temperatura en Merlot, produciéndose una caída significativa en las tasas de WUE_F (Fig. 3B).

En condiciones control, la temperatura de las hojas no se vio modificada por los momentos de poda, y el intercambio gaseoso no mostros diferencias significativas, en A_N , g_s y WUE_F, indicando que el momento de poda no afectaría el intercambio gaseoso posterior a la floración.

Por otra parte, al observar el valor de potencial hídrico en las hojas de Merlot en condiciones ambiente, se observa una leve disminución en el tratamiento de poda más tardía LP2, pero no significativo. Sin embargo, entre WP y LP1 se presentaron valores muy similares.

3.3 Crecimiento y desarrollo fenológico

Las marcadas disminuciones en las tasas fotosintéticas pueden relacionarse con los valores de crecimiento del viñedo (largo de brote, Fig. 4). Cuando el tratamiento WP-Control alcanzó el estadio 32 de Coombe (bayas de aproximadamente 8mm) se determinó el largo de brote, para evaluar el crecimiento de la planta.

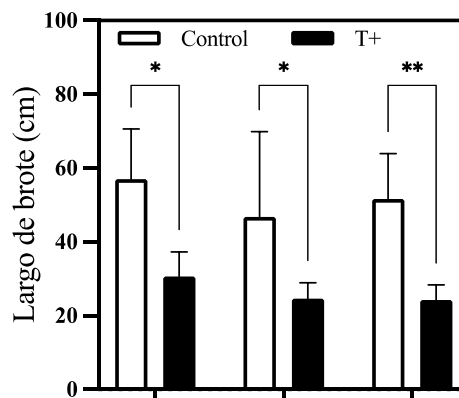


Figura 4. A. Largo de brote en cv. Merlot en dos condiciones de temperatura: ambiente (control) y elevada (T+), sujetas a tres momentos de poda: WP: poda tradicional de invierno; LP1: poda tardía en brotación y LP2: Poda tardía en brotes de 2-4 cm. Las barras representan la media y el error estándar. Los * indican diferencias significativas de acuerdo con * = p<0.05, ** = p<0.01, *** = p<0.001.

Tabla 2. Componentes de rendimiento y calidad de fruta a cosecha en cv. Merlot en dos condiciones de temperatura: ambiente (control) y elevada (T+), sujetas a tres momentos de poda: WP: poda tradicional de invierno; LP1: poda tardía en brotación y LP2: Poda tardía en brotes de 2-4 cm.

	Control			T+		
	WP	LP1	LP2	WP	LP1	LP2
Peso de racimo (g)	83,3 ± 22,7	109,2 ± 20,0	132,7 ± 39,4	12,7 ± 17,2	12,4 ± 15,5	27,2 ± 26,8
Numero de racimo (planta)	34,0 ± 18,9	27,1 ± 6,1	23,0 ± 15,8	3,9 ± 5,3	4,8 ± 5,0	5,8 ± 8,0
Peso por planta (g)	2831,3	2960,2	3051,0	53,5	58,9	156,5
Acidez (%)	0,7 ± 0,2	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1,3 ± 0,3	2,0 ± 0,3	1,8 ± 0,4
°Brix	22,0 ± 1,7	22,1 ± 1,9	22,0 ± 2,8	21,8 ± 1,4	21,9 ± 0,9	21,1 ± 1,0

El rendimiento bajo condiciones de elevada temperatura reflejó la sensibilidad del cv. Merlot frente a los incrementos de temperatura. Trabajos anteriores del grupo de investigación han evidenciado que otros cultivares como Syrah o Cabernet Sauvignon no presentaron disminuciones tan significativas en el rendimiento del cultivo o mortalidad de plantas por efecto de la temperatura [19].

Al momento de la cosecha, los valores de acidez (Tabla 2) presentaron una disminución leve en los tratamientos de poda tardía en condiciones control. Por otra parte, y como era de esperar considerando los resultados anteriores, la temperatura produce un efecto claro en la acidez con valores que incluso se acercan al 2%, además de una marcada heterogeneidad de los racimos cosechados.

Los valores de sólidos solubles totales reflejados en la Tabla 2, indican que la cosecha se realizó siguiendo los parámetros especificados en materiales y métodos. Mediante un seguimiento constante de los °Brix los tratamientos fueron cosechados como máximo al momento que alcanzaron, en promedio, los 22 ± 1°Brix. Los valores de LP2, indicaron una dificultad para la cosecha. Debido a su bajo rendimiento y pérdida de racimos, no lograron alcanzar mayores valores de sólidos solubles totales, a pesar de que ya existía deshidratación de racimos.

3.6 Compuestos fenólicos

Las bayas fueron cosechadas con el mismo nivel de sólidos solubles para evaluar el contenido de antocianinas presentes en la piel de las bayas con el mismo nivel de madurez tecnológica en todos los tratamientos.

En la piel de las bayas (hollejo) es posible observar que las antocianinas glucosiladas (Fig. 6) disminuyen significativamente por efecto de la temperatura.

Considerando el efecto de retraso en la cosecha producido por LP1, sin afectar el rendimiento o su capacidad fotosintética, es importante destacar, que, si bien las podas no lograron reducir los efectos de la temperatura, en condiciones control LP1 logró incrementar un 11% la concentración de antocianinas. Por otra parte, LP2 en la misma fecha de cosecha que la poda tradicional, incremento un 9% las antocianinas glucosiladas. Esto puede corresponder a un efecto positivo de la utilización de esta técnica en las actuales condiciones de cultivo.

4 Discusión y Conclusiones

En condiciones de elevada temperatura, la poda tardía en brotación o en brotes de 2-3 cm en el cv. Merlot en el Valle Central de Chile, no logró contrarrestar los efectos de la temperatura. Siendo este último un estrés con la magnitud suficiente para disminuir drásticamente el rendimiento e incluso causar mortalidad en algunas plantas. Los efectos observados en Merlot del Valle Central debido a la temperatura pueden tener un componente hídrico importante, que deberá ser considerado en estudios adicionales. Los efectos observados en Merlot debidos a la temperatura fueron más pronunciados que los observados en otros cultivares en el Valle Central también expuestos a incrementos de temperatura con OTC [19], lo que podría indicar una mayor sensibilidad de esta variedad a los efectos de la temperatura.

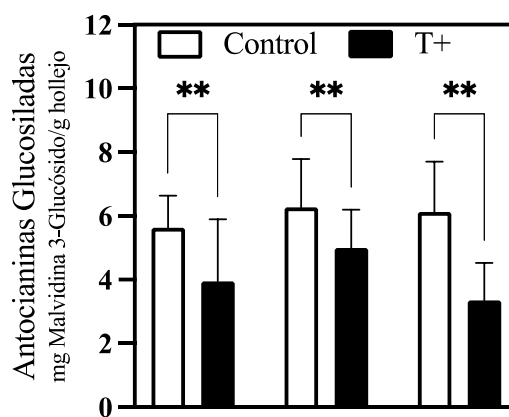


Figura 6. Antocianinas glucosiladas en cv. Merlot al momento de la cosecha, en bayas de 22 ± 1°brix, en dos condiciones de temperatura: ambiente (control) y elevada (T+), sujetas a tres momentos de poda: WP: poda tradicional de invierno; LP1: poda tardía en brotación y LP2: Poda tardía en brotes de 2-4 cm. Las barras representan la media y el error estándar. Los * indican diferencias significativas de acuerdo con * = p<0.05, ** = p<0.01, *** = p<0.001.

La gran mayoría de estudios de poda tardía a nivel internacional, con el cv. Merlot [20], [21], no incluyeron un componente de incremento de temperatura. Estos estudios presentaron efectos positivos en la desaceleración de la acumulación de azúcares, con un retraso de la fecha de cosecha en condiciones actuales de temperatura, pero sin efectos sobre la concentración de antocianinas [20].

Pero si con incrementos de más del 60% en los rendimientos del cultivo [21] Los datos aquí presentados evidenciaron que la poda tardía al momento de la brotación fue capaz de retrasar una semana la cosecha, incrementando hasta en un 11% de concentración de antocianinas e incrementado el peso por planta, tamaño de racimo y número de racimos por planta.

En conclusión, la temperatura es un factor determinante en el desarrollo del cultivar Merlot. Sus efectos se observaron tanto a nivel del intercambio gaseoso, crecimiento, calidad de la fruta a cosecha y el rendimiento del cultivo. El efecto del incremento de la temperatura media de aproximadamente 1°C, con temperaturas máximas durante el verano superiores a 35°C afectaron severamente el desarrollo y calidad de Merlot; un efecto más intenso que el observado en el mismo Valle Central en otros cultivares. Bajo estas condiciones la poda tardía en brotación o en brotes de 2-4 cm no pudo reducir los efectos de la temperatura, e incluso produjo cosechas tempranas, con hasta dos semanas de adelanto, o cosechas heterogéneas con fruta en diferentes estados de madurez.

Sin embargo, con esta temporada de estudio en cv. Merlot, la poda tardía en brotación bajo condiciones de temperatura actuales, parece ser una interesante alternativa para enfrentar los efectos del cambio climático. Pues logro un retraso en la cosecha, con la desaceleración de la acumulación de azúcares, un incremento en la concentración de antocianinas y un aumento en el peso y número de racimos por planta.

Finalmente, es importante recalcar que estos resultados corresponden a una temporada de estudio (2021-2022) siendo preliminares y se deben validar con una temporada más de estudios.

Agradecimientos

Este estudio es parte del proyecto “The study of the effect of Late Winter Pruning on maturity development, color metabolism, and grapevine quality under temperature increase conditions in the Central Valley of Chile” (Proyecto Fondecyt 11200703), financiado por la Agencia Nacional de Investigación y desarrollo del Ministerio de Ciencia y Tecnología del Gobierno de Chile y desarrollado en la Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA La Platina.

Referencias

1. Cepal, “La Economía Del Cambio Climático En Chile,” 2012
2. PricewaterhouseCoopers, “Efectos del cambio climático sobre la industria vitivinícola de Argentina y Chile: Estudio sobre los impactos y las medidas de adaptación en un escenario de calentamiento global hacia el año 2050 ,” Dec. 2009
3. Ministerio de Medio Ambiente de Chile., “Plan Nacional De Adaptacion Al Cambio Climatico,” Santiago, 2016
4. S. Vicuña and E. Bustos, “Estrategia De Resiliencia Gobierno Regional Metropolitano De Santiago. Santiago.,” 2017
5. S. Banfi, “Antecedentes De Los Mercados Del Vino Y De La Uva Vinífera. Oficina De Estudios Y Políticas Agrarias (ODEPA).,” 2017
6. C. van Leeuwen and P. Darriet, “The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality,” *Journal of Wine Economics* **11**, no. 01, pp. 150–167, 2016, doi: 10.1017/jwe.2015.21
7. A. Bock, T. H. Sparks, N. Estrella, and A. Menzel, “Climate-Induced Changes in Grapevine Yield and Must Sugar Content in Franconia (Germany) between 1805 and 2010,” *PLoS One* **8**, no. 7, p. e69015, Jul. 2013, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069015>
8. M. Rienth, L. Torregrosa, G. Sarah, M. Ardisson, J.-M. Brillouet, and C. Romieu, “Temperature desynchronizes sugar and organic acid metabolism in ripening grapevine fruits and remodels their transcriptome,” *BMC Plant Biol.* **16**, no. 1, p. 164, 2016, doi: 10.1186/s12870-016-0850-0
9. L. Torregrosa *et al.*, “Developmental, molecular and genetic studies on grapevine response to temperature open breeding strategies for adaptation to warming,” *OENO One* **51**, no. 2 SE-Original research articles, May 2017, doi: 10.20870/oenone.2017.51.2.1587
10. C. Salazar-Parra *et al.*, “Carbon balance, partitioning and photosynthetic acclimation in fruit-bearing grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo) grown under simulated climate change (elevated CO₂, elevated temperature and moderate drought) scenarios in temperature gradient gre,” *J Plant Physiol.* **174**, pp. 97–109, 2015, doi: 10.1016/j.jplph.2014.10.009
11. T. Yamane, S. T. Jeong, N. Goto-yamamoto, Y. Koshita, and S. Kobayashi, “Effects of Temperature on Anthocyanin Biosynthesis in Grape Berry Skins,” **1**, pp. 54–59, 2006
12. M. Reyes M. and C. Salazar-Parra, “Heladas en Vides,” in *Heladas. Factores, tendencias y efectos en frutales y vides*, 1st ed., **1**, R. Bravo H., J. Quintana A., and M. Reyes M., Eds. Santiago. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA, 2020, pp. 55–70
13. M. Moran, S. Bastian, P. Petrie, and V. Sadras, “Late pruning impacts on chemical and sensory attributes of Shiraz wine,” *Aust J Grape Wine Res.* **24**, Dec. 2017, doi: 10.1111/ajgw.12350
14. P. R. Petrie, S. J. Brooke, M. A. Moran, and V. O. Sadras, “Pruning after budburst to delay and spread grape maturity,” *Aust J Grape Wine Res.* **23**, no. 3, pp. 378–389, Oct. 2017, doi: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12303>
15. W. Zheng, J. García, P. Balda, and F. M. de Toda, “Effects of late winter pruning at different phenological stages on vine yield components and berry composition in La Rioja, North-central Spain,” *OENO One* **51**, no. 4, pp. 363–363, Nov. 2017, doi: 10.20870/OENO-ONE.2017.51.4.1863
16. I. Buesa, C. Chirivella, A. Yeves, F. Sanz, and I. D. S. . Martínez-Moreno A., “Techniques For Delaying Berry Ripening Adapting Red Grape And Wine Composition To Global Warming,” in *20th Giesco International Meetingth Giesco*, 2017, p. 96
17. B. G. Coombe, “Growth Stages of the Grapevine: Adoption of a system for identifying grapevine

- growth stages,” *Aust J Grape Wine Res.* **1**, no. 2, pp. 104–110, Jul. 1995, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00086.x>
18. V. Sadras, “Decompressing harvest and preserving wine identity,” Adelaide, Australia, May 2016
 19. C. Salazar-Parra and M. Muñoz, “Efectos del cambio climático en la vitivinicultura y alternativas para asegurar la sustentabilidad y calidad del viñedo en el Valle Central,” *Tierra Adentro 112*, Santiago. Chile, pp. 38–41, 2020
 20. G. Allegro, C. Pastore, G. Valentini, and I. Filippetti, “Effects of delayed winter pruning on vine performance and grape composition in cv. Merlot,” *BIO Web Conf.* **13**, p. 04003, 2019, doi: [10.1051/BIOCONF/20191304003](https://doi.org/10.1051/BIOCONF/20191304003)
 21. A. P. Friend and M. C. T. Trought, “Delayed winter spur-pruning in New Zealand can alter yield components of Merlot grapevines,” *Aust J Grape Wine Res.* **13**, no. 3, pp. 157–164, 2007, doi: [10.1111/J.1755-0238.2007.TB00246.X](https://doi.org/10.1111/J.1755-0238.2007.TB00246.X)