

TRABAJOS DE CR

5

La poda tardía como estrategia vitícola para mejorar la calidad polifenólica de vinos Malbec en zonas cálidas

Marianela Bustos Morgani^{1,2}, Santiago Sari¹, Agustina Gallo^{1,2}, Jorge Perez Peña¹, Martín Fanzone¹, Jorge Alejandro Prieto¹

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Mendoza, San Martín 3853 Luján de Cuyo (5507), Mendoza, Argentina. ² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

bustos.marianela@inta.gob.ar

RESUMEN

Las temperaturas más altas en los últimos años han generado un avance en la madurez de las bayas y han reducido el número de días a cosecha. También ha generado un desacople entre la acumulación de azúcar respecto a las antocianinas reduciendo el color del vino. La poda tardía se propone como una herramienta para mitigar estos efectos retrasando la fenología y modificando la maduración en las bayas. El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de la poda tardía sobre la ocurrencia de las principales etapas fenológicas, rendimiento, composición de la uva y del vino.

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria de Mendoza de Luján de Cuyo, durante las temporadas 2017-18 y 2018-19, en un viñedo cv. Malbec (clon 18) implantado en 2011 a pie franco y regado por goteo. El espaciamiento entre hileras fue de 2.5 m y el espaciamiento entre las plantas fue de 1.5 m. Los tratamientos consistieron en cuatro fechas de poda correspondientes a diferentes estadios fenológicos según Coombe (Coombe, 1995): invierno con yema dormida (estadio 1, control), brotación (estadio 4), 2-3 hojas desplegadas (estadio 9) y 8 hojas desplegadas (estadio 15). Todos los tratamientos se cosecharon con 23 oBrix. En ese momento se registró el rendimiento y sus componentes (producción por planta, número de racimos, peso de racimo y peso de baya). Los vinos de cada repetición se elaboraron en la planta piloto de la EEA Mendoza utilizando un protocolo estándar. Se determinó la composición fenólica global en los vinos terminados.

Los tratamientos de poda tardía no modificaron la fecha de cosecha. Las plantas podadas en el estadio 9 (2-3 hojas desplegadas) mostraron una disminución del 18% en el rendimiento, mientras que las plantas podadas en el estadio 15 (8 hojas separadas) mostraron una reducción del 60% en el rendimiento en comparación con las plantas control, que fueron similares a las podadas en brotación. En 2018, los vinos provenientes de las plantas podadas con 8 hojas (estadio 15) tuvieron un mayor contenido de fenoles y taninos totales; mientras que la concentración de antocianinas fue mayor en las plantas podadas en los estadios 9 y 15. Estos resultados preliminares muestran que la poda tardía si bien no generó un retraso de la madurez, es una herramienta útil para mantener o mejorar la composición fenólica de las bayas y el vino. Actualmente, este experimento continúa evaluando el impacto de varios años de poda tardía en las reservas de plantas.

INTRODUCCIÓN

Durante el siglo XX la temperatura a nivel global ha aumentado progresivamente como consecuencia de las actividades humanas (IPCC, 2019). Por un lado, algunos estudios demuestran que los índices bioclimáticos de aptitud vitícola (ej. Índice de Winkler, temperatura mínima) han aumentado en distintas zonas de Mendoza durante los últimos 50 años (Deis *et al.*, 2015). Por otro lado, algunos modelos de predicción climática proyectan una disminución de las regiones frías o templadas y un aumento de las regiones cálidas y muy cálidas junto con un desplazamiento de las zonas vitícolas aptas hacia el oeste (en altura) y hacia el sur debido al aumento de la temperatura (Cabré *et al.*, 2016). Asimismo, el aumento de la temperatura produce un adelanto en la fenología y un acortamiento del ciclo fenológico, concentrando el periodo de vendimia (Sadras y Moran, 2012a), produciendo una disminución en la concentración y un cambio en el perfil de antocianinas en el mosto (De Rosas *et al.*, 2017). Simultáneamente se genera un desacople entre la acumulación de estos compuestos respecto a los azúcares (Sadras y Moran, 2012b). Actualmente, diversas técnicas y estrategias de adaptación al aumento de la temperatura provocado

por el cambio climático están siendo estudiadas: estrategias que disminuyen la carga energética del viñedo a través del riego por microaspersión sobre la canopia (Caravia *et al.*, 2017), la utilización de telas media sombra (Caravia *et al.*, 2016) o paneles solares sobre el viñedo (Chopard *et al.*, 2021); o técnicas que producen un atraso en la ocurrencia de los estados fenológicos claves (Sadras y Moran, 2012a). Estas últimas incluyen el deshoje tardío (Buesa *et al.*, 2018), el "forzado" del cultivo (Martinez de Toda, 2021) y la poda tardía (Allegro *et al.*, 2020). Algunas de estas técnicas de adaptación requieren de intervención extra en el viñedo, por lo tanto, implican un aumento en los costos de producción. En este trabajo, planteamos la hipótesis general que a través de una poda tardía es posible retrasar el ciclo fenológico del cv. Malbec, llevando el periodo de madurez hacia condiciones de temperatura más favorables, restableciendo el balance entre los distintos compuestos de la uva. Dado que la poda es una práctica habitual, esta estrategia no generaría costos adicionales. Algunos estudios recientes han evaluado el efecto de una poda tardía sobre las características químicas y sensoriales de la uva y del vino (Moran *et al.*, 2018a). Sin embargo, no existen antecedentes

acerca de su implementación en temporadas sucesivas condiciones locales y sus consecuencias sobre variables fisiológicas (ej. área foliar, consumo en agua, acumulación de reservas) y la composición química de la uva y del vino en el cv. Malbec.

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar el comportamiento del cv. Malbec frente a distintas fechas de poda. Se evaluará su impacto sobre los componentes del rendimiento y la composición química de la uva y el vino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio, material vegetal y diseño experimental

El ensayo se realizó en un viñedo ubicado en la EEA Mendoza del INTA (32° 02' lat. S, 68° 52' long. O) implantado en 2011 sobre pie franco, con la variedad Malbec. El viñedo es regado por goteo. El sistema de conducción es en espaldero alto, podado en cordón bilateral con 20-22 yemas por planta. La distancia entre hileras 2.5 m y entre plantas 1.5 m. Los tratamientos correspondieron a 4 fechas de poda diferentes, establecidas según la escala fenológica de Eichhorn and Lorenz (E-L) modificada por Coombe (Coombe, 1995):

- E-L 1: Yema invernal (control)
- E-L 4: Brotación
- E-L 9: 2- 3 hojas separadas
- E-L 15: 8 hojas separadas

El diseño experimental fue de bloques completamente aleatorizados con 4 repeticiones. El bloqueo se realizó en función del diámetro de tronco de las plantas medido el invierno previo a la instalación del ensayo. La unidad experimental fue de 15 plantas dispuestas en 3 hileras contiguas y la unidad observacional de 5 plantas.

Componentes del rendimiento

Al momento de la cosecha se registraron los racimos por planta, el peso de la baya, peso del racimo y la producción por planta. La cosecha se realizó cuando cada tratamiento alcanzó los 23 oBrix.

Composición química del vino

Una vez cosechada la uva de cada unidad experimental, los vinos se elaboraron a escala piloto según un protocolo estándar de la bodega experimental de la EEA Mendoza (Fanzone *et al.*, 2020). Se determinaron parámetros analíticos generales del vino siguiendo la metodología descrita en por la Organización



Brotación.



2- 3 hojas separadas.



8 hojas separadas.



Viñedo con práctica de poda tardía.

Internacional de la Vid y el Vino (2012). Asimismo, se evaluaron parámetros fenólicos globales (fenoles, taninos y antocianos totales), por espectrofotometría UV-Visible (Harbertson et al., 2002 y 2003; Heredia et al., 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo era cosechar a los 23 oBrix. Esto ocurrió el 12 de marzo del 2018 para los tratamientos podados en invierno, en brotación y con 2-3 hojas visibles; mientras que las plantas podadas con 8 hojas fueron cosechadas 10 días antes (el 2 de marzo). En 2019, las plantas podadas en invierno y con 2-3 hojas se cosecharon el 6 de marzo, mientras que las plantas podadas en brotación y con 8 hojas se cosecharon una semana después. Estos resultados demuestran que la poda tardía no fue efectiva para retrasar la fecha de cosecha.

Componentes del rendimiento

La poda tardía realizada luego de la brotación disminuyó el rendimiento. Además, mientras más tardía es la poda, más componentes del rendimiento se vieron afectados.

No obstante, la poda realizada en brotación no afectó la cantidad de kg cosechados por planta. Si bien la poda en brotación no es una etapa frecuente

para aplicar la poda tardía, otros autores reportan que la respuesta del rendimiento a la poda en este estadio depende en gran medida de la temporada, la variedad y la carga del cultivo en condiciones regulares (Moran et al., 2018b; Petrie et al., 2017).

Las plantas podadas con 2-3 hojas presentaron una disminución del rendimiento del 18% debido a una disminución del peso del racimo, provocado principalmente por una disminución en la cantidad de bayas por racimo. Por una parte, un resultado similar ha sido reportado por otros autores para la misma fecha de poda (Allegro et al., 2020; Gatti et al., 2016; Palliotti et al., 2017). Por otra parte, otros autores reportaron que el rendimiento no se ve afectado en esta fecha de poda (Moran et al., 2018a; Petrie et al., 2017).

Respecto a las plantas podadas con 8 hojas, presentaron una disminución del 60% del rendimiento respecto a aquellas podadas en invierno, no solo por una disminución en la cantidad de bayas por racimo, sino también por una disminución en la cantidad de racimos por planta. Similares resultados han sido obtenidos por otros autores (Moran et al., 2018a; Petrie et al., 2017). Considerando que el número de racimos se define en la temporada anterior, y que el

racimo por planta no disminuyó durante las temporadas para este tratamiento, la poda tardía no afectaría el proceso de inducción, sino que tendría efecto solo sobre la temporada en curso. Según Vasconcelos et al. (2009), durante la primavera puede ocurrir una reversión de una inflorescencia a un zarcillo, debido al aborto de flores antes de la antesis, lo que podría ser un efecto de las altas temperaturas primaverales. Debido al retraso en la brotación que ocurre por la poda tardía, las plantas podadas tardíamente crecen con una mayor temperatura. Entre brotación y floración, las plantas podadas con 8 hojas acumularon 1.5 y 3 °C d⁻¹ más que la poda invernal, en 2017 y 2018 respectivamente. Esta mayor temperatura de primavera puede haber afectado el número de flores por inflorescencia, afectando el peso final del racimo. Además, en este tratamiento se observó un fuerte deterioro del desarrollo de los brotes del primer nudo del pitón, con una disminución en el número de racimos.

Composición del vino

Al analizar los parámetros fenólicos globales, es decir, antocianinas, taninos y fenoles totales, puede decirse que la poda tardía mantiene o aumenta la concentración de estos compuestos en el vino.

El contenido de antocianinas totales en los vinos de 2018 y 2019 varió de 273 a 546 mg/L. Estos valores se encuentran dentro de los valores normales reportados por Fanzone *et al.* (2010) en un estudio de caracterización del Malbec en Mendoza. Los vinos de 2018 provenientes de plantas podadas con 2-3 hojas presentaron un 17% más de antocianinas, mientras que los del tratamiento de 8 hojas presentaron un 29% más de antocianinas, respecto al testigo (tabla 1). En 2019, los vinos provenientes de plantas podadas con 8 hojas presentaron un 35% más de antocianinas en el vino, mientras que el resto de los tratamientos no presentó diferencias respecto al control. Similares resultados han sido obtenidos en las variedades Sangiovese y Syrah (Moran *et al.*, 2018b; Palliotti *et al.*, 2017) para la fecha de poda correspondiente a 2-3 hojas. Debido a la disminución del rendimiento registrada en las dos últimas fechas de poda, la relación hoja/fruto fue significativamente mayor, lo que podría explicar el aumento en la cantidad de antocianinas (Auzmendi y Holzapfel, 2016; Kliewer y Dokoozlian, 2005).

Los taninos y los fenoles totales tuvieron un comportamiento similar durante 2018

y 2019. Es decir, mientras que en 2018 los vinos provenientes de las plantas podadas con 8 hojas presentaron un aumento en la cantidad de taninos y de fenoles totales, en 2019 no hubo diferencia de estos parámetros entre las fechas de poda (tabla 1). Este aumento de fenoles y taninos en 2018 podría deberse al menor rendimiento registrado en este tratamiento. Similares resultados se han obtenido en estudios del efecto del raleo de racimos en Cabernet Sauvignon, Tempranillo y en Vranac (Bogicevic *et al.*, 2015; Ó-Marques *et al.*, 2005).

Los taninos interactúan con otros compuestos como proteínas, fenoles y antocianinas. Estos productos producirían un color más estable en el vino (Versari *et al.*, 2012). Una mayor estabilización en el color del vino es uno de los efectos más buscados para contrarrestar la potencial pérdida de color y taninos causada por la alta temperatura (Mori *et al.*, 2007; Sadras y Moran, 2012a).

CONCLUSIÓN

La poda tardía ha surgido como una técnica para mitigar el aumento de la temperatura, buscando retrasar la madurez

hacia épocas más frescas para favorecer el acoplamiento de los parámetros de calidad de la baya. En este estudio se muestra que la poda tardía mantiene o mejora la calidad de los vinos de la variedad Malbec. Esta potencial mejora en la composición enológica se debe principalmente a una modificación del régimen térmico durante las primeras etapas de desarrollo (hasta envero) y de la relación hoja/fruto generada por una disminución del rendimiento, que en el caso de la poda de 8 hojas visibles puede ser más de la mitad. Sin embargo, debería evaluarse a la poda tardía como una alternativa a la práctica de raleo de racimos. Futuros estudios serían necesarios para evaluar el impacto de la poda tardía en otras zonas de Mendoza y en otras variedades o estilos de vinificación.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEGRO, G.; PASTORE, C.; VALENTINI, G.; FILIPPETTI, I. (2020). Post-Budburst Hand Finishing of Winter Spur Pruning Can Delay Technological Ripening without Altering Phenolic Maturity of Merlot Berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 26(2):139-47.
- AUZMENDI, I.; HOLZAPFEL, B.P. (2016). Leaf Area to Fruit Weight Ratios for Maximising Grape Berry Weight, Sugar Concentration and Anthocyanin Content during Ripening. *Acta Horticulturae* 1115:127-32.
- BOGICEVIC, M.; MARAS, V.; MUGO, M.; KODŽULOVIC, V.; RAIČEVIĆ, J.; ŠUČUR, S. (2015). The effects of early leaf removal and cluster thinning treatments on berry growth and grape composition in cultivars Vranac and Cabernet Sauvignon. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 2-13.
- BUESA, I.; CACCAVELLO, G.; BASILE, B.; MERLI, M.C.; PONI, S.; CHIRIVELLA, C.; INTRIGLIOLLO, D.S. (2018). Delaying berry ripening of Bobal and Tempranillo grapevines by late leaf removal in a semi-arid and temperate-warm climate under different water regimes. *Australian Journal of Grape and Wine Research* vol. 25.
- CABRÉ, M.F.; QUÉNOL, H.; NUÑEZ, M. (2016). Regional Climate Change Scenarios Applied to Viticultural Zoning in Mendoza, Argentina. *International Journal of Biometeorology* 60(9):1325-40.
- CARAVIA, L.; COLLINS, C.; PETRIE, P.R.; TYERMAN, S.D. (2016). Application of shade treatments during Shiraz berry ripening to reduce the impact of high temperature. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 22(3):422-37.
- CARAVIA, L.; PAGAY, V.; COLLINS, C.; TYERMAN, S.D. (2017). Application of Sprinkler

Tabla 1. Antocianinas, taninos y fenoles totales de vinos de Malbec, provenientes de plantas podadas en invierno, en brotación, con 2-3 hojas y con 8 hojas visibles. Los vinos corresponden a las cosechas de 2018 y 2019. Dentro de cada temporada, letras diferentes implican una diferencia estadística entre fechas de poda ($p < 0,05$ Test de Fisher).

Fecha de poda	Antocianinas totales (mg/L)	Taninos totales (mg/L)	Fenoles totales (mg/L)
2018			
Poda invernal	435.9 ± 21.9 b	92.1 ± 25.7 b	660.5 ± 50.9 b
Brotación	490.6 ± 21.9 ab	134.9 ± 24.7 b	720.7 ± 50.9
2-3 hojas	509.1 ± 21.9 a	124.4 ± 25.7 b	709.2 ± 50.9 b
8 hojas	546.4 ± 21.9 a	327.4 ± 25.7 a	1111.7 ± 50.9 a
p-valor	0.0374	0.0005	0.0005
2019			
Poda invernal	308.7 ± 22.1 b	80.9 ± 19.6	596.6 ± 66.6
Brotación	272.8 ± 25.2 b	54.4 ± 19.6	468.2 ± 66.6
2-3 hojas	291.6 ± 22.1 b	72.2 ± 22.5	583.5 ± 66.6
8 hojas	418.3 ± 22.1 a	90.6 ± 19.5	660.4 ± 66.6
p-valor	0.0073	0.6155	0.2931

- Cooling within the Bunch Zone during Ripening of Cabernet Sauvignon Berries to Reduce the Impact of High Temperature. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 23(1):48-57.
- CHOPARD, J.; BISSON, A.; LOPEZ, G.; PERSELLO, S.; RICHERT, C.; FUMEY, D. (2021). Development of a decision support system to evaluate crop performance under dynamic solar panels. *AgriVoltaics2020 Conference AIP Conf. Proc.* 2361, 050001-1–050001-7. <https://doi.org/10.1063/5.0055119>
- COOMBE, B.G. (1995). Growth Stages of the Grapevine: Adoption of a System for Identifying Grapevine Growth Stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1(2):104-10.
- DEIS, L.; DE ROSAS, M.I.; MALOVINI, E.; CAVAGNARO, M.; CAVAGNARO, J.B. (2015). Impacto del cambio climático en Mendoza: variación climática en los últimos 50 años. *Mirada Desde La Fisiología de La Vid. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo* 47(1):67-92.
- DE ROSAS, I.; PONCE, M.T.; MALOVINI, E.; DEIS, L.; CAVAGNARO, B.; CAVAGNARO, P. (2017). Loss of anthocyanins and modification of the anthocyanin profiles in grape berries of Malbec and Bonarda grown under high temperature conditions. *Plant Science* 258:137-45.
- FANZONE, M.; PEÑA-NEIRA, A.; JOFRE, V.; ASSOFF, M.; ZAMORA, F. (2010). Phenolic Characterization of Malbec Wines from Mendoza Province (Argentina). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(4):2388-97.
- FANZONE, M.L.; SARI, S.E.; MESTRE, M.V.; CATTANIA, A.A.; CATELÉN, M.J.; JOFRÉ, V.P.; GONZÁLEZ-MIRET, M.L.; COMBINA, M.; VAZQUEZ, F.; MATURANO, Y.P. (2020). Combination of pre-fermentative and fermentative strategies to produce Malbec wines of lower alcohol and pH, with high chemical and sensory quality. *OENO One*, 54(4).
- GATTI, M.; PIREZ, F.J.; CHIARI, G.; TOMBESI, S.; PALLIOTTI, A.; MERLI, M.C.; PONI, S. (2016). Phenology, Canopy Aging and Seasonal Carbon Balance as Related to Delayed Winter Pruning of *Vitis Vinifera* L. Cv. Sangiovese Grapevines. *Frontiers in Plant Science* 7:659.
- HARBERTSON, J.F.; KENNEDY, J.A.; ADAMS, D.O. (2002). Tannin inskins and seeds of Cabernet Sauvignon, Syrah, and Pinot Noir berries during ripening. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53, 54-59.
- HARBERTSON, J.F.; PICCIOTTO, E.A.; ADAMS, D.O. (2003). Measurement of polymeric pigments in grape berry extracts and wines using a protein precipitation assay combined with bisulfite bleaching. *American Journal of Enology and Viticulture*, 54, 301-306.
- HEREDIA, T.M.; ADAMS, D.O.; FIELDS, K.C.; HELD, P.G.; HARBERTSON, J.F. (2006). Evaluation of a comprehensive Red wine phenolics assay using a microplate reader. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57, 497-502.
- KLIEWER, W.M.; DOKOOZLIAN, N.K. (2005). Leaf Area/Crop Weight Ratios of Grapevines: Influence on Fruit Composition and Wine Quality. *American Journal of Enology and Viticulture* 56(2):170-81.
- MORAN, M.A.; PETRIE, P.R.; SADRAS, V.O. (2018a). Effects of Late Pruning and Elevated Temperature on Phenology, Yield Components, and Berry Traits in Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture* 70(1):9-18.
- MORAN, M.A.; BASTIAN, S.E.; PETRIE, P.R.; SADRAS, V.O. (2018b). Late Pruning Impacts on Chemical and Sensory Attributes of Shiraz Wine. *Australian Journal OfGrape and Wine Research* 24(4):469-77.
- MORI, K.; GOTO-YAMAMOTO, N.; HASHIZUME, K.; KITAYAMA, M. (2007). Effect of High Temperature on Anthocyanin Composition and Transcription of Flavonoid Hydroxylase Genes in 'Pinot Noir' Grapes (*Vitis Vinifera*). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 82(2):199-206.
- OIV (2012). *Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts*; OIV; Volume 1. Paris, Francia
- Ó-MARQUES, J.; RUI REGUINGA, O.L.; DA-SILVA, J.M.R. (2005). CHANGES IN GRAPE SEED, SKIN AND PULP CONDENSED TANNINS DURING BERRY RIPENING: EFFECT OF FRUIT PRUNING. *Ciência e Técnica Vitivinícola* 20 (1):35-52.
- PALLIOTTI, A.; FRIONI, T.; TOMBESI, S.; SABBATINI, P.; CRUZ-CASTILLO, J.G.; LANARI, V.; SILVESTRONI, O.; GATTI, M.; PONI, S. (2017). Double-Pruning Grapevines as a Management Tool to Delay Berry Ripening and Control Yield. *American Journal of Enology and Viticulture* (68)4. doi: 10.5344/ajev.2017.17011
- PARKER, A.K.; HOFMANN, R.W.; VAN LEEUWEN, C.; MCLACHLAN, A.R.G.; TROUGHT, M.C.T. (2015). Manipulating the Leaf Area to Fruit Mass Ratio Alters the Synchrony of Total Soluble Solids Accumulation and Titratable Acidity of Grape Berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 21(2):266-76.
- PETRIE, P.R.; BROOKE, S.J.; MORAN, M.A.; SADRAS, V.O. (2017). Pruning after Budburst to Delay and Spread Grape Maturity. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 23(3):378-89.
- SADRAS, V.O.; MORAN, M.A. (2012a). Non-linear Effects of Elevated Temperature on Grapevine Phenology. *Agricultural and Forest Meteorology* 173:107-15.
- SADRAS, V.O.; MORAN, M.A. (2012b). Elevated Temperature Decouples Anthocyanins and Sugars in Berries of Shiraz and Cabernet Franc. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 18(2):115-22.
- VASCONCELOS, M.C.; GREVEN, M.; WINFIELD, C.; TROUGHT, M.C.T.; RAW, V. (2009). The Flowering Process of *Vitis Vinifera*: A Review. *American Journal of Enology and Viticulture* 60:4.
- VERSARI, A.; DU TOIT, W.; PARPINELLO, G.P. (2012). Oenological Tannins: A Review. *Australian Journal of Grape Wine Research* (19):1-10.