



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

TESIS DE DOCTORADO

Regulación de la disponibilidad de carbohidratos de plantas de
Vitis vinifera L. cv. Malbec para disminuir el corrimiento de
racimos e incrementar la productividad

DOCTORADO EN AGRONOMÍA

Tesista: MSc. Ing. Agr. Natalia Paola Carrillo

Director: Dr. Federico J. Berli

Co-Directora: Dra. Patricia N. Piccoli

Mendoza, 18 de Noviembre de 2022

Dedicatoria

A mis padres, por enseñarme desde chiquita el valor del esfuerzo y la dedicación, por su apoyo constante en cada aventura que he emprendido y por ayudarme en todos estos años con el cuidado de mis hijos cada vez que lo necesité.

A mis hijos, por su paciencia y por entenderme cuando no podía estar disponible. Por su apoyo y su alegría constante. Espero que este trabajo les sirva como ejemplo de que es posible lograr las metas que se propongan, con pasión, esfuerzo y constancia, por más difíciles que parezcan.

Agradecimientos

El resultado final de este gran logro para mí ha sido posible gracias a la contribución de un grupo muy importante de personas que me han acompañado en este proceso de distintas maneras.

En primer lugar, quiero agradecer profundamente a mi director de tesis, Dr. Federico Berli. Mi agradecimiento no se circunscribe sólo a su excelencia como investigador y guía en mi trabajo de tesis, sino también a sus cualidades como persona y compañero de trabajo. Gracias Fede por confiar en mí para dirigirme, por apoyarme durante todo este proceso, por alentarme a dar siempre un poco más, por ayudarme en la difícil tarea de publicar y por tu compromiso constante. ¡Sos un excelente director!

En segundo lugar, agradezco a mi co-directora, Dra. Patricia Piccoli por todo el apoyo brindado durante estos años. Gracias por la confianza puesta en mí, por hacerme parte del Laboratorio de Bioquímica Vegetal, por apoyarme en mi ingreso al IBAM y por tus valorables aportes.

Este trabajo nació a partir de un acuerdo de colaboración con la bodega Andeluna Cellars S.A., en donde se realizaron todos los ensayos a campo. Quiero agradecer a su gerente de producción, Lic. Manuel González por su excelente predisposición y apoyo para la ejecución del proyecto. A su vez, quiero extender un especial agradecimiento al MSc. Andrés Méndez Casariego por su acompañamiento en el viñedo y en la implantación de la parcela de la FCA.

Mi mayor agradecimiento a todos los estudiantes que colaboraron conmigo en la toma de datos y procesamiento de muestras. Durante los 5 años de ejecución del proyecto me ayudaron un hermoso grupo de personas con compromiso, alegría y ganas de aprender.

Agradezco especialmente al Ing. Agr. José Rodríguez por alentarme siempre y darme la oportunidad de hacer este doctorado con la mayor tranquilidad posible. Extiendo el agradecimiento a mis compañeros de la Cátedra de Viticultura, MSc. Valeria Bergás, Ing. Agr. Francisco Gómez e Ing. Agr. Andrea Corvalán por el apoyo y por relevarme durante mi licencia. A su vez, agradezco a distintas personas que han estado presentes durante este proceso brindándome siempre su apoyo: Dr. Rodrigo López Plantey, Dra. María Fernanda Silva, Dr. Ricardo Masuelli, Dra. María Flavia Filippini y Dr. Rubén Bottini.

Particularmente gracias a Sebastián, quien ha sido mi compañero de ruta por mucho tiempo y me ha alentado siempre en mi crecimiento personal y profesional.

Por último, agradezco a la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo por el financiamiento para realizar este doctorado y a las autoridades

de la Facultad de Ciencias Agrarias y del Instituto de Biología Agrícola de Mendoza por todo el apoyo brindado.

Certificaciones pertinentes

Financiamiento del trabajo:

Proyectos de investigación SIIP Tipo 4 2019-2021 - UNCU. “Desarrollo de estrategias y evaluación de prácticas culturales para disminuir el corrimiento de *Vitis vinifera* cv. Malbec en Mendoza”. Directora: Natalia Carrillo, Co-director: Federico Berli.

Proyectos de investigación SECTYP Tipo 1 2016-2018 – UNCU. “Uso de la técnica de anillado para regular el rendimiento y la producción potencial a futuro en vid”. Directora: Natalia Carrillo, Co-director: Federico Berli.

Beca doctoral otorgada por la Secretaría de Ciencia, técnica y posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo. Periodo: 2017-2020.

Proyecto de colaboración entre el establecimiento productivo Andeluna Cellars S.A. y el Instituto de Biología Agrícola de Mendoza (IBAM). Desde 2016 hasta la actualidad.

Publicaciones de artículos científicos derivadas de la tesis

Carrillo, N., Piccoli, P., Bottini, R., Rodríguez, J., & Berli, F. (2020). Girdling of shoots at flowering reduces shatter in grapevine cv. Malbec. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 26(2), 102-109. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12423>

Carrillo, N., Piccoli, P., Gallusci, P., Guardabrazo, M. S., & Berli, F. (2022). Limiting carbohydrates to trunk and roots improves bud fruitfulness, fruit set and yield in cv. Malbec. *OENO One*, 56(4), 95–106. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.4.7105>

Presentaciones a Congresos, Jornadas o Reuniones Científicas derivadas de la tesis

Carrillo, N. (2022). Regulación de la disponibilidad de carbohidratos de plantas de Malbec para disminuir el corrimiento de racimos e incrementar la productividad. Seminario dado al grupo CREA Aconcagua. Abril 2022.

Carrillo, N., Piccoli, P., Elías Rumiz, F., Berli, F. (2021). Desarrollo de estrategias y evaluación de prácticas culturales para disminuir el corrimiento de *Vitis vinifera* cv. Malbec en Mendoza. Actas del Congreso Interuniversitario I+D+i. 1° Congreso Provincial Interuniversitario I+D+i.

Carrillo, N., Piccoli, P., Guardabrazo M. S., Berli, F. (2021). Effect of shoot girdling in carbon partitioning and bud fertility in *Vitis vinifera* cv. Malbec. *Annuals of the XXXIII Argentinian meeting of Plant Physiology (RAFV)*.

Carrillo, N., Piccoli, P., Rodríguez, J., Berli, F. (2018) Girdling shoots during Bloom period decrease shatter in Malbec clusters. Oral Presentation. XLI World Congress of Vine and Wine, Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). EDP Science. Punta del Este, Uruguay.

Carrillo, N., Rodríguez, J., Galarraga, I., Bergás, V., Corvalán, A., Luna, F., Berli, F. (2018). La producción del Malbec en tres alternativas de poda diferentes. 41th World Congress of Vine and Wine. EDP Science. Punta del Este Uruguay (2018).

Carrillo, N. y Berli, F. Modificación del flujo de carbohidratos en pámpanos de vid para regular el crecimiento, desarrollo y producción (2018). XVI Congreso Latinoamericano de Fisiología Vegetal (CLAFV) XXXII RAFV, SAFV. Córdoba, Argentina.

Carrillo, N., Rodríguez, J., Galarraga, I., Bergás, V., Corvalán, A., Luna, F., Berli, F. (2018). Uso de la técnica de anillado para regular el rendimiento y la producción potencial a futuro en vid. XXV Jornadas de Investigación de la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrados de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.

Resumen

Muchos viñedos comerciales de Malbec, la variedad más importante y cultivada de Argentina, presentan una marcada inestabilidad en sus rendimientos debido a variaciones en la fertilidad de las yemas y a la ocurrencia de "corrimiento". Este fenómeno se caracteriza por un escaso porcentaje de cuaje y por la abscisión de flores y frutos, dando como resultado racimos de bajo peso con pocas bayas. Las causas del corrimiento son múltiples y difíciles de diferenciar. Se lo asocia generalmente al material vegetal, a los fenómenos meteorológicos y a un desequilibrio entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo. La disponibilidad de carbohidratos (CH) para inflorescencias y racimos juega un papel esencial entre los factores que determinan la eficiencia del cuaje, el rendimiento y la calidad de la vid. Asimismo, su disponibilidad para las yemas es determinante en la diferenciación floral.

En la tesis se buscó ampliar el conocimiento científico acerca del fenómeno de corrimiento de Malbec mediante modificaciones en la disponibilidad de CH entre los distintos órganos de la planta. Se evaluó la técnica de anillado, y se lo comparó con otras prácticas culturales, determinando el efecto en la productividad de las plantas y la calidad de la uva. Para ello se llevaron a cabo cuatro experimentos a campo durante cinco temporadas de cultivo en un viñedo comercial de Malbec plantado en Gualtallary, Tupungato a 1050 m snm. Las plantas provienen de una selección masal de Malbec injertadas sobre el portainjerto 1103 Paulsen; tienen 20 años y se encuentran conducidas en un cordón bilateral con riego por goteo y malla antigranizo. El viñedo presenta serios problemas de corrimiento de racimos y una marcada inestabilidad en los rendimientos anuales. Se evaluó la técnica de anillado de brotes, en diferentes posiciones, durante tres temporadas de cultivo (2017-2018-2019). Asimismo, se evaluó el anillado de tronco durante 2020, el despunte de brotes (2018) y distintos tipos de poda (2020-2021). El anillado de brotes consistió en interrumpir el floema justo antes de la floración y se realizó en distintas posiciones, por arriba y por debajo de las inflorescencias, para entender la dinámica del flujo de CH y el efecto de interrumpir la demanda de CH de la parte apical del pámpano y de los órganos de reserva. El anillado de tronco se realizó también previo a la floración para evaluar si los resultados obtenidos a nivel de brote se repetían a nivel de planta entera. El despunte de brotes y la modificación en el tipo y riqueza de poda se evaluaron porque son prácticas culturales comúnmente recomendadas para controlar el corrimiento en vid, reduciendo la demanda de CH de los ápices en crecimiento y el vigor, modificando a su vez el equilibrio vegetativo/reproductivo.

El anillado en la base de los brotes (por debajo de las inflorescencias) en floración produjo un incremento en el porcentaje de cuaje, el número de bayas por racimo y el peso del racimo, reduciendo marcadamente el corrimiento. Así mismo, se observó que el anillado de brotes logró modificar el flujo de CH dentro del pámpano, favoreciendo la partición hacia distintos órganos de acuerdo a la localización del anillado con respecto a los racimos. El anillado en la base favoreció la acumulación

de CH hacia los racimos a expensas de las feminelas, crecimiento secundario, sin afectar la biomasa total del pámpano, mientras que el anillado por arriba del último racimo redujo la biomasa total en un 39% con respecto al testigo sin anillar. A su vez, los tratamientos de anillado incrementaron el diámetro del nudo y la fertilidad de las yemas por arriba de la incisión. A nivel de planta entera, el anillado de tronco permitió incrementar la mayoría de los componentes del rendimiento sin afectar el crecimiento vegetativo. Las vides anilladas en el tronco mostraron un aumento en el porcentaje de cuaje, el número de bayas por racimo, el peso del racimo y el rendimiento por planta a cosecha. Se observó además que, ni el anillado en la base de los brotes ni el anillado de tronco afectaron negativamente a la calidad de las bayas. Por lo tanto, es una técnica que permite aumentar los rendimientos y mantener la calidad.

El despunte de brotes en floración y la modificación de la riqueza de poda no fueron técnicas efectivas para controlar el corrimiento en Malbec.

Al analizar todos los resultados obtenidos en los ensayos realizados se concluye que el anillado en la base de los brotes y el anillado de tronco fueron efectivos en revertir el corrimiento y aumentar los rendimientos sin afectar la calidad. Dichos resultados nos permitieron hipotetizar que la demanda de carbohidratos por parte de los órganos de reserva de las plantas, tronco y raíces, durante el período de floración/cuaje y crecimiento de los frutos, es muy fuerte. Cuando se eliminaron los órganos de reserva como sumideros de CH fue posible revertir el corrimiento, mientras que cuando se eliminó la porción apical del brote no se observó ninguna mejora.

Este trabajo permite contribuir a la comprensión de la dinámica de los CH entre los distintos órganos sumideros de la planta de vid y aporta conocimientos valiosos y herramientas para abordar el corrimiento de racimos y aumentar la productividad del Malbec en Mendoza.

Abstract

Many commercial vineyards of Malbec, Argentina's most important and widely grown wine grape variety, present a marked instability in yields due to variations in bud fertility and the occurrence of "shatter". Shatter is characterized by a low fruit set percentage and by the abscission of flowers and fruits, resulting in low weight bunches with few berries. The causes of shatter are multiple and difficult to differentiate. It is generally associated with plant material, climatic conditions and an imbalance between vegetative and reproductive growth. The availability of carbohydrates (CH) for buds, inflorescences and bunches plays an essential role in determining fruit set efficiency vine yield and grape quality.

The thesis sought to expand scientific knowledge about shatter phenomenon of Malbec through modifications in the availability of CH between the different organs of the plant. The girdling technique was evaluated and compared with other cultural practices, determining the effect on plant productivity and grape quality. For this purpose, four field experiments were carried out during five growing seasons in a commercial Malbec vineyard planted in Gualtallary, Tupungato at 1050 m asl. The plants come from a massal selection of Malbec grafted on 1103 Paulsen rootstock; they are 20 years old and are trained in a bilateral cordon with drip irrigation and anti-hail netting. The vineyard presents serious problems of shatter and a marked instability in annual yields. The shoot girdling technique was evaluated, in different positions, during three growing seasons (2017-2018-2019). Trunk girdling during 2020, shoot tipping (2018) and different types and pruning loads (2020-2021) were also evaluated. Shoot girdling consisted of interrupting the phloem just before flowering and was performed in different positions above and below the inflorescences to understand the dynamics of CH flow and the effect of interrupting the CH demand of the shoot apical part and reserve organs. Trunk girdling was also performed prior to flowering to assess whether the results obtained at the shoot level were repeated at the whole plant level. Shoot tipping and modification in the type and richness of pruning were evaluated because they are commonly recommended cultural practices to control grapevine runner, reducing the CH demand of growing apices and vigor, while modifying the vegetative/reproductive balance.

Girdling the base of the shoots (below the inflorescences) at flowering produced an increase in the percentage of fruit set, the number of berries per bunch and the bunch weight, markedly reducing shatter. Likewise, it was observed that shoot girdling was able to modify the flow of CH within the shoot, favoring partitioning towards the different organs according to the location of the girdle with respect to the bunches. Girdling the base of shoots favored the accumulation of CH towards the bunches at the expense of laterals without affecting total shoot biomass, while girdling above the last bunch reduced total shoot biomass by 39% with respect to the control treatment. At the same time, girdling treatments increased the diameter of the node and the fertility of the buds above

the incision. At the whole plant level, trunk girdling increased most yield components without affecting vegetative growth. Trunk girdled vines showed an increase in the percentage of fruit set, the number of berries per bunch, bunch weight and yield per plant at harvest. It was also observed that neither shoot base girdling nor trunk girdling negatively affected berry quality. It is therefore a technique that increases yields and maintains quality.

Shoot tipping at flowering and increasing pruning loads were not effective to reduce shatter in Malbec.

When analyzing all the results obtained in the different trials, it was concluded that shoot tipping, girdling above the inflorescences and increasing pruning loads did not contribute to a decrease in shatter or to an increase in productivity. On the contrary, girdling at the base of the shoots and trunk girdling were effective in reversing shatter and increasing yields. These results allowed us to hypothesize that the demand for carbohydrates by the reserve organs of the plants, trunk and roots, during the flowering/fruit set and fruit growth period is very strong. When the reserve organs were excluded as sinks for CH, it was possible to reverse shatter, whereas when the apical portion of the shoot was removed, no improvement was observed.

This work contributes to the understanding of the dynamics of CH between the different sink organs of the grapevine and provides tools to reduce shatter and increase productivity of Malbec in Mendoza.

Tabla de Contenidos

Capítulo 1.....	16
1.1. Introducción general	16
1.1.1. El cultivar Malbec.....	17
1.1.2. Componentes del rendimiento en vid.....	20
1.1.3. El proceso de formación de inflorescencias: Fertilidad	22
1.1.4. El fenómeno de corrimiento.....	25
1.1.5. Disponibilidad de Carbohidratos/Partición de carbono.....	26
1.2. Problemática a investigar	29
1.2.1. Problemática específica de la parcela en estudio.....	31
1.3. Objetivo e Hipótesis generales	35
1.3.1. Objetivo general.....	35
1.3.2. Hipótesis general.....	35
Capítulo 2.....	36
2.1. La técnica de anillado en vid	36
2.2. Objetivos específicos	37
2.3. Hipótesis específicas	37
2.4. Descripción metodológica	38
2.4.1. Descripción del sitio y la parcela en estudio.....	38
2.4.2. Anillado de brotes	39
2.4.3. Anillado de tronco	45
2.5. Resultados ensayos anillado	48
2.5.1. Anillado de brotes	48
2.5.2. Anillado de tronco	60
2.6. Discusión ensayos anillado	62
2.6.1. Anillado de brotes	62
2.6.2. Anillado de tronco	68
Capítulo 3:.....	71
3.1. Evaluación de estrategias alternativas para el control del corrimiento	71
3.2. Antecedentes	71
3.3. Objetivos e hipótesis	74
3.3.1. Objetivos	74
3.3.2. Hipótesis	74
3.4. Materiales y Métodos	75
3.4.1. Despunte de brotes en floración	75
3.4.2. Tipo y riqueza de poda	76
	11

3.5. Resultados	78
3.5.1. Despunte de brotes	78
3.5.2. Tipo y riqueza de poda	79
3.6. Discusión	85
3.6.1. Despunte de brotes	85
3.6.2. Tipo y riqueza de poda	86
Capítulo 4.....	88
4.1. Discusión: Efecto del anillado en la disminución del corrimiento frente a otras alternativas de manejo	88
4.2. Conclusión	91
4.3. Comprobación de hipótesis	92
4.4. Perspectivas	94
Referencias bibliográficas	95

Figura 1.	Conformación de los Componentes del rendimiento en vid.	22
Figura 2.	Esquema de los procesos que se dan en el momento de la floración-cuaje.	25
Figura 3.	Tasa de crecimiento de los distintos órganos de la vid durante el ciclo vegetativo. .	27
Figura 4.	Evolución de la dinámica de las reservas en las raíces durante el ciclo de la vid en relación con el crecimiento del brote y de la baya.	28
Figura 5.	Temperatura media mensual (máxima, media y mínima) durante los meses de crecimiento de la vid en las localidades de Montecaseros (650m snm), Perdriel (960m snm) y El Peral (1300m snm). Series de datos 2007-2019 para Montecaseros, 2006-2018 para Perdriel y 1998-2017 para El Peral.	30
Figura 6.	A) Número de racimos por planta en las distintas zonas de vigor de la parcela. B) Número de bayas por racimo en las distintas zonas de vigor de la parcela en la temporada 2016/2017.	32
Figura 7.	Corrimiento de racimos de Malbec. A y B) Necrosis de inflorescencias, C y E) Bajo porcentaje de cuaje, D) Aborto total de flores.	32
Figura 8.	Frecuencia relativa del Índice de fertilidad de las plantas ubicadas en el sector de vigor medio de la parcela en estudio. Temporada 2016/2017.	33
Figura 9.	Imagen NDVI de la parcela en estudio	39
Figura 10.	A) Cuchilla utilizada para realizar el anillado. B) Esquema de la distribución de tratamientos de anillado en la planta.	40
Figura 11.	Esquema de la distribución de hojas y anillados en el pámpano. A: Base G, B: Top G, AB: Double G.	41
Figura 12.	A) Imagen de las bolsas de tul colocadas en campo y B) de las caliptras y ovarios abortados separados para su análisis.	42
Figura 13.	A) Forzadura de estacas uninodales para evaluación de fertilidad. B) Inflorescencia en estadio 17 para su posterior colocación en estufa.	45
Figura 14.	Imagen de un tronco anillado en noviembre de 2019.	46
Figura 15.	Diámetro de los nudos en la sección basal (A), media (B) y apical (C), evaluados en los sarmientos en la cosecha de 2018 (Control, Top G, Base G y Double G).	49
Figura 16.	Número de flores por inflorescencia en los pámpanos anillados durante las temporadas 2017 y 2018.	50
Figura 17.	A) Porcentaje de cuaje de inflorescencias, B) Número de ovarios abortados y C) Peso del racimo a cosecha de los pámpanos anillados en las temporadas 2017 y 2018. ..	51
Figura 18.	Acumulación total de biomasa en pámpanos anillados y su distribución entre los distintos órganos.	56
Figura 19.	Porcentaje de biomasa de cada órgano con respecto al total del pámpano A) Biomasa total, B) Control, C) Base G, D) Top G.	57
Figura 20.	Diámetro de los nudos a lo largo de los sarmientos anillados (Base G y Top G) y el Control durante el receso invernal.	58
Figura 21.	A) Fertilidad de yemas a lo largo del sarmiento medida mediante forzadura de estacas uninodales; B) Fertilidad media de yemas del sarmiento.	59
Figura 22.	Peso seco promedio de las inflorescencias de las 10 yemas basales de los sarmientos, normalizado por nudo, evaluado en 2019.	59
Figura 23.	Esquema de la distribución del tratamiento de despunte de brotes realizado en la temporada 2018.	75

Figura 24.	Imágenes de los distintos tratamientos de poda realizados durante las temporadas 2020 y 2021.....	77
Figura 25.	A) Número de capas de hoja y B) Porcentaje de racimos interiores evaluados mediante el método Point Quadrat en el momento del envero de la temporada 2020.	80
Figura 26.	Distribución de los valores obtenidos del porcentaje de necrosis de inflorescencias para los distintos tratamientos de poda en 2020 y 2021. Se muestra media +/- el error estándar.	83
Figura 27.	Gráfico <i>biplot</i> del análisis multivariado de componentes principales (ACP), utilizando como criterio de clasificación a la temporada (2020 y 2021) y a todos los tratamientos de poda, sobre los componentes del rendimiento y el equilibrio vegetativo/reproductivo, PL (poda larga), 20y (poda corta 20 yemas), 30y (poda corta 30 yemas), 40y (poda corta 40 yemas).	84
Figura 28.	Gráfico <i>biplot</i> del análisis multivariado de componentes principales (ACP), utilizando como criterio de clasificación a todos los tratamientos de los ensayos realizados, sobre algunas variables determinantes del corrimiento. Control (brotes sin anillar), Top G (anillado arriba), Base G (anillado en la base), Double G (doble anillado), D (despuntado), SD (sin despuntar), Trunk G (anillado de tronco), T (tronco sin anillar), PL (poda larga), 20y (poda corta 20 yemas), 30y (poda corta 30 yemas), 40y (poda corta 40 yemas).....	89

Tabla 1.	Resumen de las distintas variables evaluadas anualmente en cada uno de los ensayos realizados en la parcela de Malbec en estudio.....	17
Tabla 2.	Rendimientos por hectárea del cultivar Malbec en la parcela en estudio en las temporadas 2019, 2020, 2021 y 2021.....	33
Tabla 3.	VARIABLES DE CRECIMIENTO VEGETATIVO INCLUYENDO EL ÁREA FOLIAR (LA) Y EL CONTENIDO RELATIVO DE CLOROFILA (CRC) PARA DIFERENTES POSICIONES DE HOJAS (2ª, 4ª Y 8ª) AL INICIO DEL ENVERO EN PÁMPANOS ANILLADOS DE MALBEC (CONTROL, TOP G, BASE G Y DOUBLE G), DURANTE LAS TEMPORADAS 2017 Y 2018.....	49
Tabla 4.	Características de los racimos y bayas de Malbec con anillado de brote (Control, Top G, Base G y Double G) durante 2017 y 2018. Las mediciones se realizaron en cosecha clasificando las bayas en normales y pequeñas (≥ 12 mm de diámetro y < 12 mm de diámetro, respectivamente).....	52
Tabla 5.	Sólidos solubles (azúcares) de las bayas y contenido de compuestos fenólicos totales en hollejos de bayas normales y pequeñas de pámpanos anillados de Malbec durante 2017 y 2018.	53
Tabla 6.	Área foliar (LA), contenido relativo de clorofila (CRC) en hojas y carbohidratos solubles totales (TSC) en nudos a diferentes posiciones (2º, 4º y 8º) en brotes anillados de Malbec (Control, Base G, Top G).	54
Tabla 7.	Características de rendimiento y composición de racimos y de las bayas en brotes anillados de Malbec.	55
Tabla 8.	Concentración de sólidos solubles de las bayas y de compuestos fenólicos totales del hollejo en pámpanos anillados de Malbec.	55
Tabla 9.	Crecimiento vegetativo medido en el envero y durante el reposo invernal e índices de equilibrio de la vid en plantas anilladas (Trunk G) y Control.	60
Tabla 10.	Componentes del rendimiento en plantas anilladas y Control.	61
Tabla 11.	Concentración de sólidos solubles totales de las bayas y de compuestos fenólicos del hollejo de plantas anilladas y Control a cosecha.	61
Tabla 12.	Componentes del rendimiento medidos durante la temporada 2018 en las plantas del ensayo de despunte de brotes.	78
Tabla 13.	Crecimiento vegetativo e índices de equilibrio medidos durante las temporadas 2020 y 2021 en las plantas del ensayo de poda; PL (poda larga), 20y (poda corta 20 yemas), 30y (poda corta 30 yemas), 40y (poda corta 40 yemas).	79
Tabla 14.	Componentes del rendimiento medidos durante las temporadas 2020 y 2021 en las plantas del ensayo de poda; PL (poda larga), 20y (poda corta 20 yemas), 30y (poda corta 30 yemas), 40y (poda corta 40 yemas).	82
Tabla 15.	VARIABLES ASOCIADAS AL CORRIMIENTO DE RACIMOS DE MALBEC PARA LOS SIGUIENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVOS CONTROLES: ANILLADO EN LA BASE DE LOS BROTES 2017 Y 2018, ANILLADO DE TRONCO 2020, DESPUNTE DE BROTES 2018, PODA CORTA A 40 YEMAS 2020 Y 2021.....	90

Capítulo 1

1.1. Introducción general

El manuscrito de tesis está dividido en 4 capítulos: 1. Introducción, Problemática a investigar, Objetivos e hipótesis generales, 2. La técnica de anillado en vid, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, 3. Evaluación de estrategias alternativas para el control del corrimiento, 4. Efecto del anillado en la disminución del corrimiento frente a otras alternativas de manejo, Discusión general y perspectivas, Referencias bibliográficas. Me gustaría aclarar que una gran parte de las Tablas y Figuras se presentan en inglés debido a que se respetó el idioma y formato original con el que aparecen en las dos publicaciones realizadas en el marco del doctorado.

El presente trabajo se llevó a cabo en un viñedo comercial ubicado en Gualtallary, Tupungato durante cinco temporadas consecutivas, desde el mes de Agosto de 2016 hasta Julio de 2021. Todos los ensayos se realizaron en una parcela de Malbec de 6 hectáreas implantada en el año 2001. Para poder comprender mejor las actividades ejecutadas, en la Tabla 1 se presenta un resumen de las variables analizadas anualmente en cada uno de los ensayos.

Tabla 1. Resumen de las distintas variables evaluadas anualmente en cada uno de los ensayos realizados en la parcela de Malbec en estudio.

Experimento	Anillado de brotes		Anillado de tronco	Despunte	Poda
VARIABLES ANALIZADAS	2016/2017 2017/2018	2018/2019	2019/2020	2017/2018	2019/2020 2020/2021
Crecimiento vegetativo (Long., n° hojas, AF)	*	*	*		*
Contenido relativo de clorofila	*	*	*		
Peso de poda			*		*
Índices de equilibrio (Ravaz, Hoja/Fruto)			*		*
Calidad de la canopia (Point Quadrat)					*
Porcentaje de cuaje	*		*	*	*
Porcentaje de ovarios abortados	*		*	*	*
Porcentaje de necrosis de inflorescencias					*
Características del racimo (Peso, n° bayas, tamaño de bayas, n° semillas)	*	*	*	*	*
Rendimiento/planta			*		*
Distribución de biomasa		*			
Fertilidad potencial		*			
Azúcares solubles del nudo		*			
Composición de la baya (Azúcar, antocianos, IPT)	*	*	*		

1.1.1. El cultivar Malbec

La vid (*Vitis vinifera* L.) es la base de la industria vitivinícola en Argentina y el mundo, constituyendo uno de los clústeres regionales más importantes en cuanto a su expresión económica y sociocultural. Nuestro país ocupa el séptimo lugar a nivel mundial en superficie cultivada con vid y en la producción de vinos (OIV 2020). La superficie de vid implantada en Argentina alcanza un total de 211.099 ha, de las cuales 46.366 ha corresponden a la variedad Malbec (INV 2021). La superficie cultivada con Malbec en Argentina es la más grande del mundo, siendo la provincia de Mendoza la que posee la mayor superficie de este cultivar (39.248 ha). Sin embargo, este cultivar se cultiva en el resto de las provincias vitivinícolas del país.

La vid fue introducida en Argentina por las órdenes religiosas que llegaron a América tras la conquista española. Las primeras introducciones, que datan aproximadamente de 1556, provinieron de Perú o del Norte de Chile (Maurín Navarro, 1967). El Malbec llegó primero a Chile en el año 1840, introducido por los especialistas franceses René Lefebvre, Claudio Gay y Michel Aimé Pouget, quienes motorizaron importantes cambios en la vitivinicultura de aquel país (Briones, 2007). La

llegada del Malbec a Mendoza se vio favorecida por la fundación en 1870 de la Quinta Normal de Agricultura de Mendoza, una escuela práctica con vivero, siguiendo el modelo de Francia. Domingo F. Sarmiento promovió la incorporación de nuevas variedades de cepas como medio para mejorar la industria vitivinícola nacional, y le encargó al agrónomo Miguel A. Pouget la introducción desde Chile de una serie de variedades que luego se convirtieron en la primera colección pública.

La variedad Malbec es originaria de Bordeaux (Suroeste de Francia), específicamente de Cahors, donde se la conoce con el nombre de Cot o Auxerrois. Esta zona actualmente comprende unas 4.400 hectáreas de vid. La epidemia de filoxera (*Dactylospheera vitifoliae*), que atacó los viñedos de Cahors alrededor de 1877, causó la destrucción de esta región vitivinícola (Zulueta y Quini, 2018). Esto explica la fuerte erosión genética del cultivar Malbec en su zona de origen, quedando el germoplasma en Chile y Argentina introducido antes de la epifitía de filoxera en Europa. Este germoplasma se conservó en principio por las quintas agronómicas, posteriormente por los viticultores y por las instituciones provinciales y nacionales.

El Malbec es considerado un cultivar con riqueza en compuestos fenólicos y con alto potencial para producir vinos de calidad (Fanzone et al. 2010); además, presenta una alta plasticidad fenotípica, es decir, una alta capacidad de expresar diferentes fenotipos en función del ambiente (Marfil et al., 2019). Se ha descrito localmente como un cultivar vigoroso de productividad media a baja, susceptible de corrimiento y *millerandage* (Rodríguez et al. 1999a), que se adapta mejor a la alta densidad de plantas y a los portainjertos de vigor débil (Zuluaga et al. 1959). Según Weber (2003), el cultivar Malbec presenta una eficiencia de cuaje limitada y rendimientos muy bajos. Ampelográficamente presenta un ápice semi abierto, ribeteado con carmín y lanoso. Las hojuelas son amarillas con esfumaturas cobrizas y lanosidad; el tallo es erguido, verde con rayas rojas. La hoja adulta es mediana, corta, orbicular, entera y trilobada (polimorfismo y asimetría), de color verde oscuro con perfil plano y ampollamiento medio. Tiene dientes medianos y rectos, con indumento tipo telaraña y seno peciolar abierto en V; presenta un peciolo rojizo, mediano y con un ángulo de inserción rectilíneo. El racimo es mediano, cónico y de compacidad media. La baya es pequeña a mediana, esférica, de coloración azul media, semillada, con piel delgada y contenido de pruina mediano a fuerte; la pulpa es no coloreada, jugosa y blanda. El sarmiento es marrón amarillento, sin indumento, estriado y cilíndrico (Rodríguez et al., 1999b). Fenológicamente es un cepaje de brotación y maduración media, de segunda época, lo que hace que su ciclo sea también medio. A su vez, el requerimiento térmico de esta variedad para completar su ciclo hasta cosecha en el Valle de Uco se ha determinado en 1723 °C días (Baroni et al., 2007).

El Malbec fue el cepaje que modificó la vitivinicultura argentina, que desde sus inicios se basaba en variedades criollas introducidas por los españoles después de la conquista. Los vinos producidos por variedades criollas eran en general de menor calidad que el de las variedades tradicionales europeas

utilizadas para vinificar. La adaptación del Malbec a lo largo del piedemonte, especialmente en la zona Alta del Río Mendoza, hizo que la superficie cultivada con esta variedad se incrementara rápidamente. Asimismo, la facilidad para su multiplicación agámica por estacas, barbechos y mugrones, hizo aumentar la implantación de Malbec en las distintas regiones vitícolas del país, convirtiéndose en su variedad emblemática. A mediados de la década del '60 la superficie implantada con Malbec en Argentina se encontraba alrededor de las 58.000 ha (Zulueta y Quini, 2018). Hasta ese momento, el vino de consumo masivo y emblemático era el vino tinto, que provenía del corte de vinos de variedades rosadas que se vinificaban con maceración y de vinos Malbec. En la década del '70 se produjo un cambio de paradigma y el consumo de vinos tintos comenzó a disminuir para ser reemplazado por vinos blancos escurridos (sin maceración), abocados y aromáticos. En las tres décadas subsiguientes hubo una erradicación masiva de viñedos y la superficie cultivada con Malbec hacia fines de los 90 se redujo a poco más de 10000 ha. A partir de la década del '90 se produjo una nueva corriente de introducción de material vegetal de *Vitis vinifera* de Francia e Italia principalmente. Este nuevo material correspondía a variedades clásicas, en su mayoría, pero sujetas a selecciones clonales que determinaban perfiles más definidos en cuanto a sus características productivas y enológicas y que se diferenciaban sustancialmente de nuestro encepado tradicional por un estado sanitario superior. Todos los clones de Malbec importados de Francia fueron seleccionados con el objetivo principal de mejorar la tasa de cuaje de las bayas, disminuyendo el “corrimiento” típico que presenta esta variedad. Estos clones, bajo las condiciones fitogeográficas de Mendoza y por el tipo de manejo, principalmente la utilización del riego, aumentaron drásticamente el vigor, la fertilidad y por consiguiente la producción, disminuyendo significativamente la calidad y sanidad de la uva. La conjunción del material vegetal pre y post filoxérico constituyó el “cepaje-población” de la provincia, que compone una verdadera reserva de clones que en las últimas décadas comenzaron a ser seleccionados y caracterizados. Entidades públicas y privadas han establecido colecciones de clones de Malbec de distintas áreas vitícolas de Mendoza y han realizado selecciones clonales con el objeto de obtener el máximo provecho de la diversidad de expresión que el Malbec puede dar (Biondolillo et al, 2014). En particular, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, en un proyecto conjunto, seleccionaron 22 clones de Malbec con el objetivo de disminuir el corrimiento de racimos, aumentar la productividad y su calidad enológica (Ojeda H. et al, 2001). En la actualidad, los principales viveros de Mendoza y algunas de las grandes empresas vitivinícolas cuentan con un conjunto de clones de Malbec que prácticamente no presentan problemas de corrimiento de racimos. Sin embargo, aún quedan implantadas en la provincia y el país una gran cantidad de hectáreas de Malbec proveniente de selecciones masales antiguas que presentan graves problemas de corrimiento e inestabilidad en la productividad por planta, pero mucho valor por su calidad enológica.

El Malbec es la cepa más cultivada en Argentina, y sus vinos varietales representaron el 61,4% del total de vinos embotellados exportados en 2020. En los últimos 10 años, el volumen exportado de vinos Malbec ha aumentado un 57,4% (INV 2021). Fue introducido en Argentina hace más de 150 años, y a pesar de los esfuerzos por mejorar rasgos productivos, muchos viñedos comerciales de Malbec siguen presentando una marcada inestabilidad (Ojeda et al., 2001). La pérdida de rendimiento suele estar asociada a tres grandes grupos de factores: las prácticas culturales (manejo del viñedo); los factores biológicos (material vegetal, patógenos y malezas) y las condiciones ambientales (factores climáticos, fertilidad del suelo y disponibilidad de agua). Estos factores, individualmente o combinados, pueden causar una baja fertilidad de las yemas, la necrosis de la inflorescencia y el corrimiento de racimos, caracterizado por racimos sueltos (bajo porcentaje de cuaje y abscisión de frutos).

1.1.2. Componentes del rendimiento en vid

Conocer y poder manejar los componentes que constituyen la producción en *Vitis vinifera* L. es y ha sido por mucho tiempo uno de los principales objetivos de viticultores y científicos. En algunos casos se busca lograr disminuir los rendimientos para aumentar la calidad, y en otros se necesita aumentar los rendimientos por planta sin deteriorar los parámetros cualitativos. Sea cual fuere el objetivo buscado, es necesario conocer y entender la dinámica de los factores que influyen en los distintos componentes del rendimiento para poder así manejarlos en función de los resultados esperados.

Se puede definir como componentes del rendimiento en vid a aquellos factores ligados a la reproducción, que al multiplicarlos definen la producción anual por planta y por hectárea (Coombe y Dry, 2001). Éstos son: el número de plantas por hectárea o densidad de plantación, la cantidad de yemas por hectárea o riqueza de poda, el número de brotes por planta o porcentaje de brotación, el número de racimos por brote o índice de fertilidad y el peso del racimo (Tassie et al., 2001; Coombe y Dry, 2001). La densidad de plantación se considera un factor fijo que queda definido en el momento del diseño e implantación del viñedo por el marco de plantación elegido, esto es la distancia entre hileras y entre plantas. La riqueza de poda de una hectárea de vid es el resultado de la cantidad de yemas francas que se dejan anualmente por cada planta de la parcela; es conveniente expresar esa cantidad por unidad de superficie (yemas/m² o ha), ya que de esta forma se tiene noción de la productividad potencial de la parcela, independientemente de la densidad de plantación. En la determinación de la riqueza de poda se tiene en cuenta el destino de la producción, el tipo de poda y disposición de la planta en el espacio. El porcentaje de brotación se define como la cantidad de brotes efectivamente producidos por las yemas francas dejadas en la poda anual. El índice de fertilidad es el número de inflorescencias/racimos que se desarrollan por brote/yema. Por último, el peso final del

racimo queda definido por la cantidad de bayas y su peso individual. El número de bayas por racimo a cosecha depende del porcentaje de cuaje y de la abscisión de frutos durante el periodo de crecimiento y maduración. En la Figura 1 se presenta un esquema de los componentes del rendimiento y de su conformación.

Estudios llevados a cabo en distintas condiciones ecológicas de crecimiento, sobre un gran número de variedades y durante un largo periodo de tiempo han demostrado que el número de racimos por planta es el factor que explica alrededor del 60 a 70% de la variación anual del rendimiento en vid (Clingeffer et al., 2001). El 30 a 40% restante de la variación está dada por cambios en la cantidad de bayas por racimo y/o el tamaño de las bayas (Clingeffer et al., 2001). La cantidad de racimos por brote/yema (índice de fertilidad) queda definida en los procesos fisiológicos de inducción floral y diferenciación de inflorescencias.

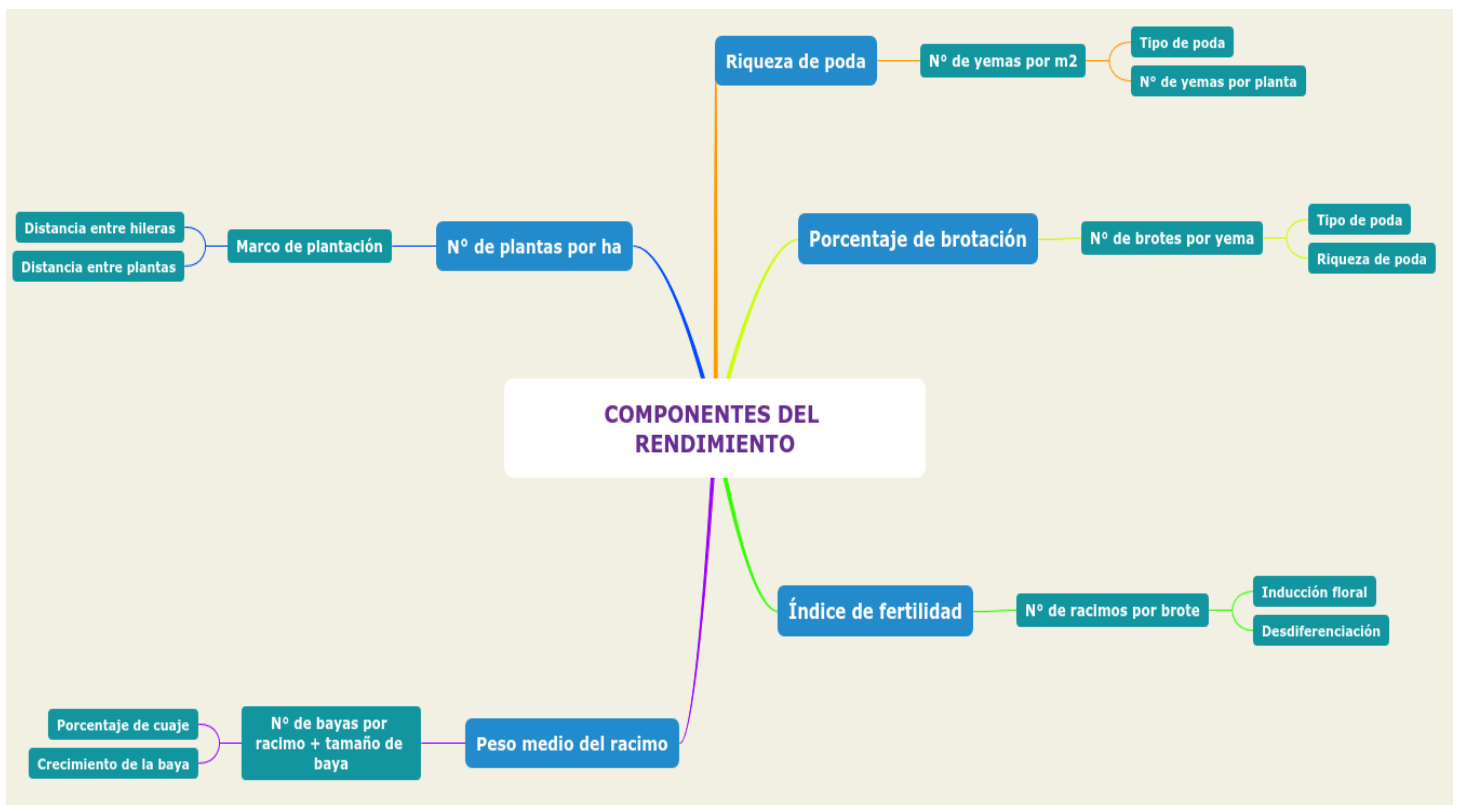


Figura 1. Conformación de los Componentes del rendimiento en vid.
Elaboración propia basada en Coombe y Dry 2001.

1.1.3. El proceso de formación de inflorescencias: Fertilidad

La mayoría de las investigaciones científicas orientadas a estudiar los procesos fisiológicos que determinan la productividad de la vid, como el proceso de inducción y diferenciación floral se han llevado a cabo en las décadas del '70 y '80, y fueron principalmente dirigidas por referentes en el tema, como Alleweldt G., Pratt C., Buttrose M.S., Candolfi-Vasconcelos M.C., May P., Mullins M.G. y Srinivasan C. Luego, por un periodo de tiempo disminuyó la producción científica en la temática, retomándose nuevamente hace algunos años. Las investigaciones más actuales abordan el tema con mayor especificidad en muchos aspectos, debido principalmente a la disponibilidad de equipamiento y tecnologías que permiten determinaciones más precisas desde el punto de vista de la microscopía electrónica y la biología molecular. Entre los autores contemporáneos que más han investigado acerca de la fertilidad en vid se encuentran Noyce P.W., Watt A.M., Vasconcelos M.C., Koblet W., Eltom M., Boss P.K., Carmona M.J. y, Lebon G.

El desarrollo de inflorescencias en *Vitis vinifera* L. se completa durante dos temporadas de crecimiento y conlleva tres etapas: 1- Inducción floral - formación del *anlagen*, 2- Diferenciación de primordios de inflorescencias y 3-Diferenciación de flores (revisado por Vasconcelos et al., 2009). El proceso de inducción floral comienza en el interior de las yemas latentes de los pámpanos en desarrollo cuando ya cuentan con cuatro o cinco primordios foliares diferenciados. El ápice vegetativo de las yemas latentes se divide en dos y forma un meristema indiferenciado denominado *anlagen*, que constituye el primer indicador de la inducción floral. Posteriormente, el *anlagen* se separa del ápice vegetativo y toma una estructura obovada y ancha para luego dividirse en dos brazos, interno y externo (Srinivasan y Mullins, 1981). Seguidamente, comienza la diferenciación de primordios de inflorescencias alrededor del momento de floración de la temporada de crecimiento en curso (May y Antcliff, 1963; Alleweldt e Itler, 1969; Srinivasan y Mullins, 1981, Morrison, 1991). En esta etapa, los brazos internos y externos del *anlagen* comienzan a ramificarse para formar la estructura del primordio de inflorescencia. Dependiendo de las condiciones ambientales, puede observarse un cierto grado de ramificación de los brazos internos y externos del primordio de inflorescencia antes de que la yema entre en dormición (Pratt, 1971; Sommer et al., 2000; Sanchez y Dokoozlian, 2005). Cuando dichas yemas entran en dormición ya tienen preformados unos 8 a 10 nudos, juntamente con uno a cuatro primordios de inflorescencias (Butrose, 1974; Pratt, 1974). La mayor parte de la literatura en el tema concluye que las ramificaciones posteriores del brazo interno y externo de la inflorescencia, y la formación de estructuras florales se reanuda un tiempo antes, durante y después de la brotación de la yema en la temporada siguiente (Pratt, 1971; Swanepoel y Archer, 1988; Morrison, 1991; May, 2000;

Carmona, 2008). En ese momento, los meristemas florales forman los primordios de sépalos, pétalos y carpelos, que luego se diferenciarán en los correspondientes órganos florales (Gerrath, 1993; Pratt 1971, Srinivasan y Mullins, 1981).

Cuando el *anlagen* experimenta numerosas ramificaciones previamente a la entrada en dormición de la yema forma una inflorescencia, mientras que si sólo presenta dos o tres ramificaciones forma un zarcillo (revisado por Vasconcelos et al., 2009). La fertilidad se expresa entonces como el número de inflorescencias por yema o brote. Si bien es posible determinar la fertilidad de las yemas durante el reposo invernal, ya sea mediante cortes histológicos o a través del forzado de estacas uninodales, frecuentemente se presentan desórdenes fisiológicos que pueden alterar la fertilidad natural y que son difíciles de predecir y controlar. Uno de ellos es la necrosis de la yema primaria, que se caracteriza por el aborto y posterior deshidratación de la yema primaria del yemario (Vasudevan, 1998). Al morir dicha yema brotarán la yema secundaria y en menor medida la terciaria, que si bien producirán brotes normales, para la mayoría de las variedades presentarán menor fertilidad. Otro problema difícil de cuantificar y que afecta la fertilidad final de la planta es la desdiferenciación de primordios o porciones del primordio de inflorescencia. Si bien las causas que ocasionan este fenómeno no están del todo determinadas, se asocia con el déficit hídrico al comienzo del ciclo (Matthews y Anderson, 1989). El *filage* constituye otro desorden fisiológico que consiste en la reversión de una inflorescencia a zarcillo. Este fenómeno ocurre dos semanas previas a la floración cuando el raquis se alarga rápidamente en brotes vigorosos y a altas temperaturas (Champagnol, 1984). Por último, es frecuente observar en numerosos viñedos una necrosis de inflorescencias durante la floración. Ésta se caracteriza por la necrosis de ramilletes florales, flores, pedicelos y tejidos, ocasionándose principalmente por una reducida disponibilidad de carbohidratos en las inflorescencias (Keller y Koblet, 1995).

Son numerosos los factores que influyen durante todo el proceso de formación de inflorescencias y fertilidad final de las yemas o brotes, como el balance de los reguladores de crecimiento, los factores ambientales (luz y temperatura), la posición de la yema en el pámpano, el estado hídrico y nutricional de la planta, y la disponibilidad de carbohidratos (revisado por Vasconcelos et al. 2009).

Se considera que los factores ambientales ejercen su influencia en la diferenciación floral modificando la composición química interna de la planta, principalmente el balance de los reguladores de crecimiento y su impacto en la fotosíntesis (Srinivasan y Mullins, 1981). Los principales factores del ambiente que influyen en la fertilidad de la vid son la luz y la temperatura durante el periodo de crecimiento y hasta que las yemas entran en dormición. Si bien estos factores muchas veces aparecen asociados, el efecto de la intensidad lumínica es independiente de la temperatura. Condiciones de sombreado durante el periodo de floración-cuaje reducen la fertilidad de las yemas (Keller y Koblet, 1995; May y Antcliff, 1963). El efecto de la falta de luz en la fertilidad puede darse por su

impacto en la fotosíntesis y disponibilidad de fotoasimilados, y por su incidencia directa sobre las yemas. Existe amplia evidencia de que la intercepción de luz en la zona de renovación de yemas de la canopia mejora la brotación, la fertilidad y los rendimientos. Por ejemplo, Smart et al. (1982) observaron que las yemas que se encontraban en el interior de la canopia eran menos resistentes al frío invernal, presentaban menor brotación, menor inducción floral y menor producción en yemas basales.

Temperaturas templadas a cálidas son necesarias para una mayor fertilidad de yemas. Para la mayoría de las variedades, cuando la temperatura durante el periodo de inducción y diferenciación de primordios de inflorescencias es menor a 20°C hay una mayor formación de zarcillos, mientras que cuando es mayor se incrementa la inducción de inflorescencias (Buttrose, 1970). Por otro lado, temperaturas superiores a 35°C, u olas de calor durante ese periodo resultan negativas, produciendo yemas infértiles. Srinivasan y Mullins (1981) observaron que no eran necesarias temperaturas elevadas en forma continua, un periodo corto de 4 a 5 horas diarias de altas temperaturas resulta suficiente para inducir el máximo número de primordios de inflorescencia. A su vez, la temperatura durante el periodo de pre-brotación, cuando se reinicia la actividad metabólica y las yemas se hidratan reanudando la división celular y diferenciación de las futuras flores, también tiene relevancia en la fertilidad final de la planta. Keller et al. (2010) demostró que temperaturas más cálidas en este periodo producían flores más grandes que tenían una mayor capacidad de cuaje.

Los reguladores de crecimiento ejercen un marcado efecto en dos niveles: formación del *anlagen* en los meristemas y diferenciación del *anlagen* a primordios de inflorescencias o zarcillos. Las giberelinas (GAs) y las citocininas son los principales reguladores de la floración (Srinivasan y Mullins, 1980). El rol de las GAs en vid varía de acuerdo con el estado de desarrollo de la yema latente. Al principio de la inducción las GAs promueven la formación del *anlagen*, luego, actúan como inhibidoras de la ramificación del primordio ocasionando la formación de zarcillos e inhibiendo la diferenciación de inflorescencias (Srinivasan y Mullins, 1980; Weyand y Schultz, 2006). Boss y Thomas, (2002) demostraron mediante evidencia genética que las GAs inhiben la floración en vid. Mediante un mutante de Pinot meunier insensible a las GAs, observaron que el mismo producía inflorescencias a lo largo de todo el pámpano, corroborando que los zarcillos son inflorescencias modificadas inhibidas de completar su desarrollo floral por las GAs. La formación de ramificaciones florales es un proceso regulado por las citocininas (Mullins et al., 1992b, Srinivasan y Mullins, 1978, 1979, 1980), que estimulan la división celular y el crecimiento. Las citocininas están implicadas en el control de muchos aspectos de la reproducción en vid, incluyendo la formación de inflorescencias, la diferenciación de flores, el desarrollo del pistilo, el cuaje, el desarrollo del fruto y la embriogénesis somática de óvulos *in vitro* (revisado por Srinivasan y Mullins, 1981).

1.1.4. El fenómeno de corrimiento

El corrimiento, también conocido como "shatter" o "coloure" se caracteriza por la presencia de racimos sueltos o laxos debido a un escaso número de bayas, ya sea por falta de cuaje, aborto de ovarios y abscisión de frutos. La pérdida de estos ovarios puede producirse hasta 4 semanas después de la antesis (revisado por Keller, 2020). El porcentaje de cuaje representa la relación entre las bayas presentes en el racimo y el número de flores que tenía la inflorescencia. En el momento de la floración, las inflorescencias son débiles sumideros de carbohidratos (CH) en comparación con los ápices de los pámpanos en crecimiento y las hojas jóvenes en expansión (Coombe, 1959). El cuajado de los frutos depende del suministro de CH a las inflorescencias, determinado por el balance de carbono de los órganos de reserva, la fotosíntesis neta y la demanda de los órganos sumideros competidores (Zapata et al., 2004b). El desarrollo de las bayas posterior al cuaje suele depender de la polinización, la fertilización y el desarrollo de al menos una semilla (Pratt, 1971), ya que el embrión genera auxinas desde la baya hacia el brote a través del pedicelo que previenen la abscisión prematura del fruto (Pattison et al, 2014). Sin embargo, existen situaciones en donde parte de las bayas fecundadas tienen un desarrollo inadecuado de las semillas provocando lo que se conoce como "millerandage". Los racimos afectados tienen bayas grandes y normales con al menos una semilla viable y bayas pequeñas con semillas diminutas y degeneradas que a menudo carecen de endospermo. Estas últimas, generalmente, maduran con normalidad y llegan a cosecha. Por el contrario, las llamadas "shot berries" son bayas detenidas en la fase de ovario, permanecen pequeñas, verdes y duras y tienen un alto contenido en taninos (revisado por Keller, 2020). En la Figura 2 se presenta un esquema de los caminos que puede tomar una flor de vid durante el periodo de floración-cuaje.



Figura 2. Esquema de los procesos que se dan en el momento de la floración-cuaje.

Fuente: Elaboración propia en base a Friend, 2003; Prat, 1971; Ebadi et al., 1996.

Las condiciones óptimas para la floración y el cuaje de los frutos son similares a las que rigen para la inducción de inflorescencias, es decir, una alta intensidad de luz, una temperatura cálida, una adecuada humedad del suelo y disponibilidad de CH. Las causas del corrimiento son múltiples, concomitantes y hasta ahora algo inciertas, estando generalmente asociadas al material vegetal (diferentes cultivares, clones o portainjertos), al crecimiento vegetativo excesivo, a la falta de carbohidratos para las inflorescencias, y también a eventos meteorológicos desfavorables durante la floración (Keller y Koblet, 1994). Los ápices de los brotes y de las raíces son los principales sumideros durante el crecimiento vegetativo, mientras que los frutos son los sumideros dominantes durante el desarrollo reproductivo. Sin embargo, las inflorescencias antes de cuajar representan sumideros débiles de CH en relación con los ápices de los brotes que se extienden rápidamente (Coombe, 1959), y por lo tanto las limitaciones en el suministro de fotoasimilados pueden causar el aborto de las flores (Ruan et al., 2012). Además, si los recursos son escasos, el porcentaje de cuaje disminuye (Caspari et al., 1998, Lebon et al., 2008) y una proporción importante de los frutos se desprende de los racimos (Bessis et al., 2000). A su vez, una superficie foliar insuficiente o ineficiente de hojas, previo o durante el periodo de cuaje, afectará el número final de bayas del racimo. Los eventos climáticos como el granizo o las heladas tardías ocasionan pérdidas de área foliar. Los patógenos también pueden provocar pérdida de área foliar o disminución de su capacidad fotosintética, por ejemplo: las enfermedades de la madera, las virosis, el oídio, la peronóspora y las hormigas. Todos estos factores exógenos del ambiente donde vegeta la planta contribuyen a incrementar la incidencia de corrimiento.

1.1.5. Disponibilidad de Carbohidratos/Partición de carbono

Muchos investigadores han demostrado que la disponibilidad de CH para los brotes y las yemas durante el período de crecimiento es crítica para la fertilidad y la productividad de la planta (Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1990; Bennet et al., 2005; Caspari et al., 1998; Eltom et al., 2014 y 2015; Carrillo et al., 2020). La inducción y el desarrollo de los primordios de inflorescencias son dependientes de la acumulación de carbohidratos de reserva como el almidón dentro de la yema en desarrollo (Srinivasan y Mullins, 1981, Botti y Sandoval, 1990). Además, la partición de CH, es decir, la distribución del carbono exportado a los diferentes órganos sumideros de la vid, determina el rendimiento del cultivo (Genard et al., 2008).

Los órganos sumideros se encuentran en competencia permanente por el suministro de CH y su fuerza relativa cambia durante las distintas etapas fenológicas de la planta y es sensible a las condiciones ambientales (revisado por Keller, 2020). En la Figura 3 se observa que en general, después de la

brotación, los ápices de los brotes y las hojas jóvenes son sumideros de alta prioridad, con tasas de crecimiento elevadas que alcanzan su pico unas 2 a 3 semanas previas a la floración (Zapata et al. 2003). Por otro lado, las raíces presentan un pico de crecimiento máximo durante el periodo de floración-cuaje y un segundo pico alrededor del momento de maduración. Las bayas presentan una curva de crecimiento doble sigmoide, con un pico post cuaje, una etapa de ralentización del crecimiento y otro pico post envero. El crecimiento en diámetro del tronco es sostenido desde brotación hasta el comienzo de ralentización del crecimiento de la baya, luego disminuye y presenta un segundo pico de crecimiento menor hacia finales de maduración (Williams y Matthews, 1990).

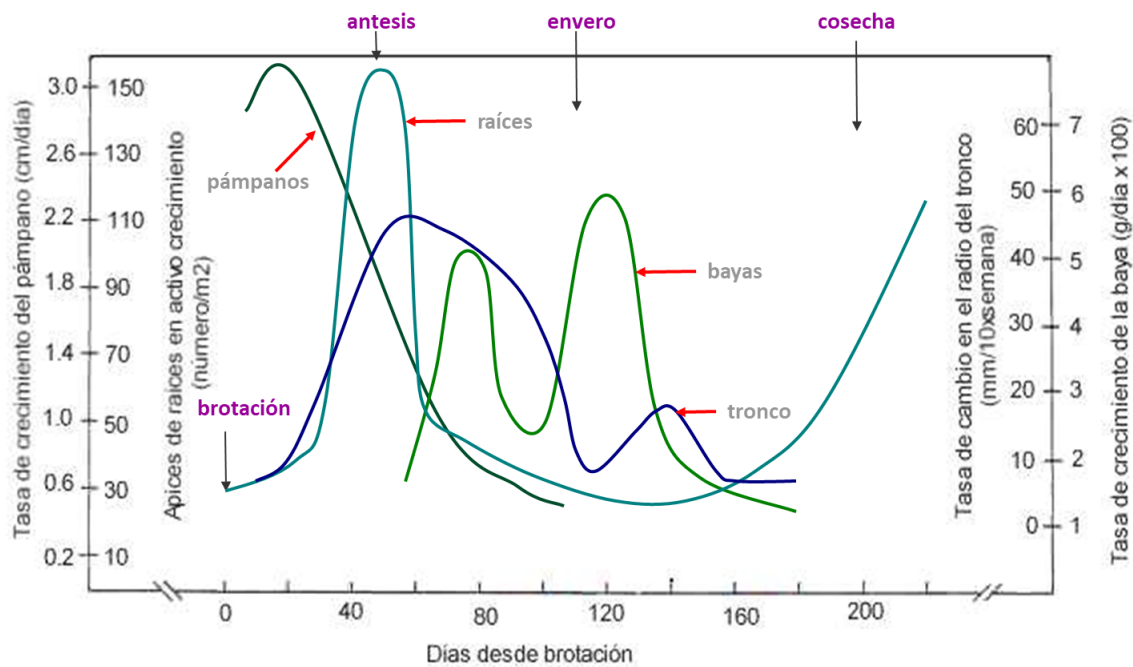


Figura 3. Tasa de crecimiento de los distintos órganos de la vid durante el ciclo vegetativo.
Fuente: Williams y Matthews, 1990.

El crecimiento vegetativo luego de la brotación es totalmente dependiente de las reservas removilizadas de los órganos permanentes. Al comienzo del ciclo vegetativo las raíces contienen alrededor del 90% del almidón almacenado en la planta (Williams, 1996; Zapata et al., 2004a). Los CH de las raíces resultan fundamentales en el suministro de C y nutrientes para los órganos en activo crecimiento, comparados con los CH del tronco y brazos. Durante el periodo de floración cuaje, los niveles de almidón y nitrógeno de las raíces alcanzan su mínimo (Winkler y Williams, 1945; Williams, 1996), para luego comenzar a incrementarse una vez que la mayor proporción de hojas de la canopia están maduras (Zapata et al., 2004a) (Figura 4). Como se mencionó anteriormente, las inflorescencias son sumideros de baja prioridad (Coombe, 1959; Koblet, 1969), y la floración ocurre en un periodo de escasa disponibilidad de reservas y de alta demanda de CH por los órganos vegetativos en crecimiento. Es así que dicho proceso resulta sensible a la dinámica de partición de

carbono entre los distintos órganos de la planta. Tras el cuajado de los frutos, los racimos recién formados dominan la jerarquía de sumideros de fotoasimilados, especialmente para las hojas cercanas (Hale y Weaver, 1962; Williams, 1996). Luego, la acumulación de almidón en los tejidos perennes comienza de nuevo desde la fertilización hasta el inicio de la maduración de las bayas (Mullins et al., 1992; Zapata et al., 2004a) y las reservas se restauran progresivamente (Candolfi-Vasconcelos et al., 1994).

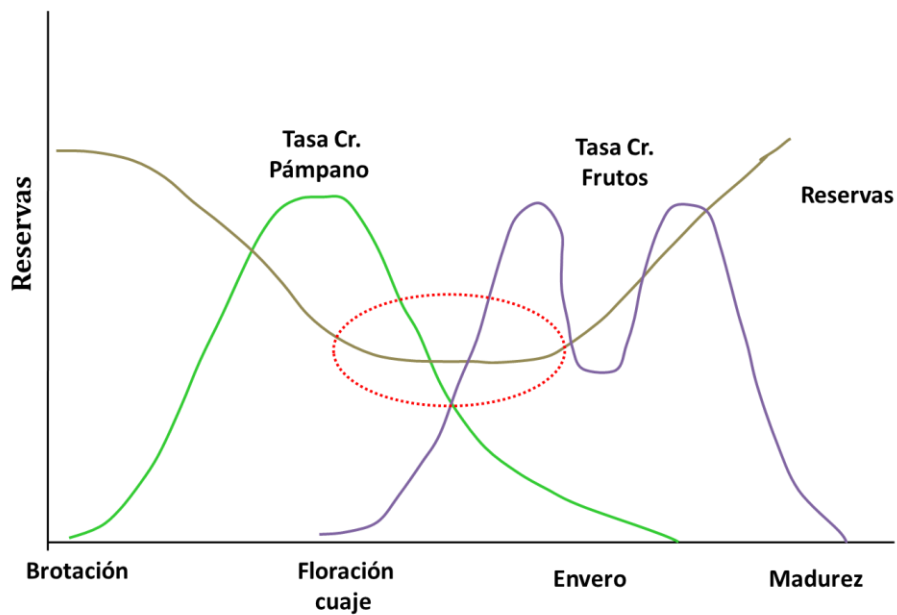


Figura 4. Evolución de la dinámica de las reservas en las raíces durante el ciclo de la vida en relación con el crecimiento del brote y de la baya.
Elaboración propia basada en Zapata et al. 2004a.

1.2. Problemática a investigar

La actividad vitícola de la provincia de Mendoza ha experimentado numerosos cambios en diversos aspectos en los últimos 50 años. Algunos de estos cambios se han dado por factores socioeconómicos, como modificaciones en las preferencias de los consumidores o la necesidad de contar con sistemas productivos más rentables y sustentables, por ejemplo. Y otros, están ligados a factores biológicos y naturales, como la implantación de variedades de alto potencial cualitativo y la incidencia de factores climáticos y ambientales cambiantes. El escenario vitícola de la provincia de Mendoza en la actualidad se ve marcado por un gran incremento en la superficie cultivada en zonas del piedemonte (Valle de Uco y Luján de Cuyo principalmente) y, por la utilización de material vegetal que ha sido objeto de algún tipo de selección (parcelaria, masal, clonal o sanitaria) con el fin de alcanzar ciertos objetivos cualitativos y productivos específicos. Mientras que la superficie con vid en Mendoza aumentó un 8% desde el año 2000 al 2018, el Valle de Uco ha manifestado un crecimiento del 117% en el mismo período y Luján de Cuyo un 22% (INV, 2019). Las plantaciones en el Valle de Uco continúan creciendo hasta nuestros días, la cantidad de viñedos ha pasado de 808 en el año 1990 a los actuales 1.768.

Los cambios mencionados marcan una viticultura moderna caracterizada por la implantación de variedades de alto potencial cualitativo, como Malbec, Cabernet Sauvignon, Merlot, Pinot Noir y Chardonnay, entre otras; la utilización de plantas seleccionadas; el uso de riego presurizado; la conducción en espalderos altos con podas cortas; la mecanización cuasi integral del viñedo y el laboreo mínimo de suelos en la mayoría de los casos. A su vez, la actividad vitícola de estas características se ha desarrollado principalmente al pie de la cordillera, en zonas cuya altitud supera los 950 m snm y llega incluso hasta los 1700 m snm. Los suelos pedemontanos son en su mayoría poco desarrollados, sueltos, pedregosos y permeables. Algunas de las variables climáticas en esas regiones son muy distintas a las de las zonas tradicionales más bajas, siendo la temperatura y la mayor incidencia de radiación UV-B las más significativas.

La Figura 5 muestra datos de temperatura media del aire (máxima, media y mínima) mensual para las localidades vitivinícolas más representativas de la zona: Este (Montecaseros), Norte (Perdriel) y Sur (El Peral) de Mendoza. El distrito de Montecaseros se encuentra en el departamento de San Martín a 650 m snm y es una de las tradicionales zonas vitícolas de la provincia. El distrito de Perdriel se encuentra en el departamento de Luján de Cuyo a 960 m snm y forma parte de la llamada "Primera zona" de Mendoza. El distrito El Peral se encuentra en el departamento de Tupungato a 1300 m snm y forma parte del Valle de Uco. Al analizar las series de datos se desprende que las temperaturas medias mensuales para las zonas pedemontanas son inferiores que las de la zona Este en todos los registros, principalmente desde la brotación hasta el envero.

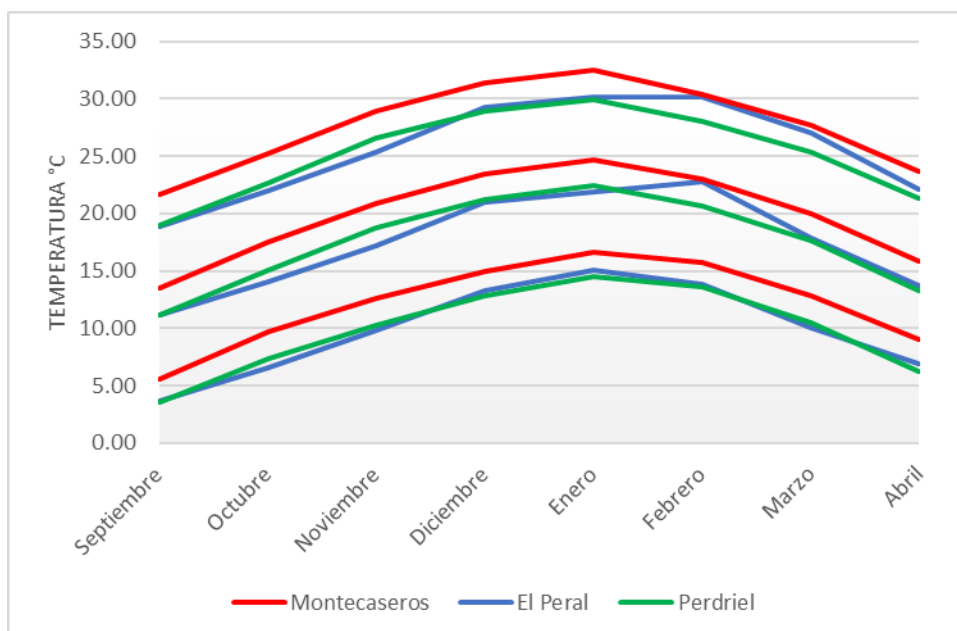


Figura 5. Temperatura media mensual (máxima, media y mínima) durante los meses de crecimiento de la vid en las localidades de Montecaseros (650m snm), Perdiel (960m snm) y El Peral (1300m snm). Series de datos 2007-2019 para Montecaseros, 2006-2018 para Perdiel y 1998-2017 para El Peral.

Fuente: Contingencias climáticas de Mendoza.

Los viñedos implantados en las nuevas regiones vitícolas de altura están expuestos a temperaturas medias en los meses donde ocurre el proceso de inducción y diferenciación floral, más bajas que en las regiones más tradicionales de menor altitud (zona Este de la provincia de Mendoza). En algunos casos, se registran hasta 3°C menos en los meses de primavera. Como se mencionó anteriormente, temperaturas templadas promueven la inducción de inflorescencias, mientras que temperaturas frías (<20 °C) promueven la formación de zarcillos (Buttrose, 1970). Dada la importancia que ejerce la temperatura en la determinación del rendimiento anual, es esperable que los viñedos localizados en las regiones pedemontanas presenten menores producciones anuales debido a este factor.

El Malbec es la variedad con mayor superficie cultivada de Argentina y la más importante a nivel de exportación de vinos. La mayor parte de los viñedos implantados y reconvertidos en los últimos 20 años son de Malbec. Estos viñedos se han iniciado en algunos casos con material vegetal clonal injertado con portainjertos cualitativos (que no confieren vigor al injerto), pero en muchos otros, con plantas provenientes de selecciones masales a pie franco o injertadas sobre portainjertos vigorizantes o incompatibles. Debido a todos los motivos ya expuestos y a la coexistencia de distintas situaciones productivas, aún hoy, numerosos viñedos de Malbec en Mendoza presentan una marcada inestabilidad en sus rendimientos, lo que limita su potencial de producción y causa significativas pérdidas económicas al sector productivo. Esta variedad se caracteriza por presentar una alta incidencia de

corrimiento y baja fertilidad, lo que provoca la ocurrencia de brotes con menos racimos, racimos con menos bayas y por lo tanto menos productividad. A modo de ejemplo, tomando los registros de producción del Malbec desde el año 1996 hasta el 2016 (periodo de 20 años), la producción media por hectárea ha ido desde un mínimo de 3430 kg hasta un máximo de 10020 kg, con un coeficiente de variación de 19,73% (INV 2017). Esta situación de inestabilidad en los rendimientos dificulta mucho la planificación por parte de los productores y de los establecimientos vitivinícolas de cómo será la marcha de su año productivo, de las necesidades de mano de obra e insumos, de los costos, del volumen de la cosecha y de su rentabilidad y sustentabilidad.

1.2.1. Problemática específica de la parcela en estudio

La parcela en donde se realizaron los ensayos es una parcela de 6 ha de plantas de Malbec provenientes de una selección masal e injertadas sobre el portainjerto 1103 Paulsen en el año 2001. Los técnicos de la empresa manifestaron tener serios problemas de inestabilidad del rendimiento y de baja fertilidad en dicha parcela. Con el fin de cuantificar la problemática a estudiar se realizó un relevamiento de plantas en tres zonas de distinto vigor dentro de la parcela (ver Capítulo 2, Figura 9). Se tomaron al azar 20 plantas por zona de vigor a las que se le midió el número de racimos por planta y el número de bayas por racimo. Para esta última variable se tomó al azar un racimo por planta.

El número de racimos por planta fue similar para las tres zonas de vigor de la parcela (Figura 6A). Sin embargo, el número de bayas por racimo fue inferior en las zonas de alto y bajo vigor, cuyos racimos presentaron en promedio 28 bayas versus los racimos de las plantas de la zona de vigor media que presentaron 38 bayas en promedio (Figura 6B). A su vez, se tomaron fotografías de distintas situaciones observadas a campo que reflejan la problemática de corrimiento existente (Figura 7).

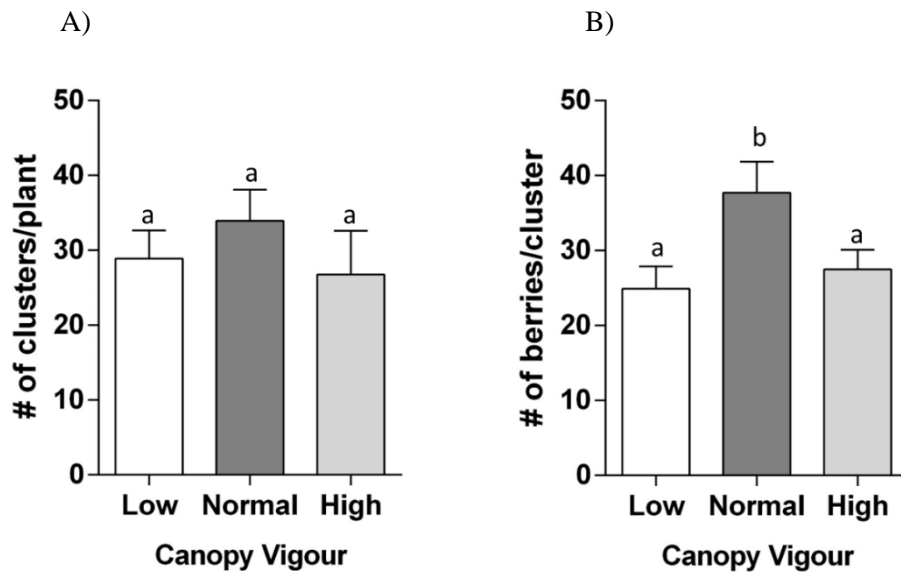


Figura 6. A) Número de racimos por planta en las distintas zonas de vigor de la parcela. B) Número de bayas por racimo en las distintas zonas de vigor de la parcela en la temporada 2016/2017.

Los valores representan la media \pm SEM; letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según LSD Fisher ($\alpha \leq 0.05$) para cada una de las zonas evaluadas.

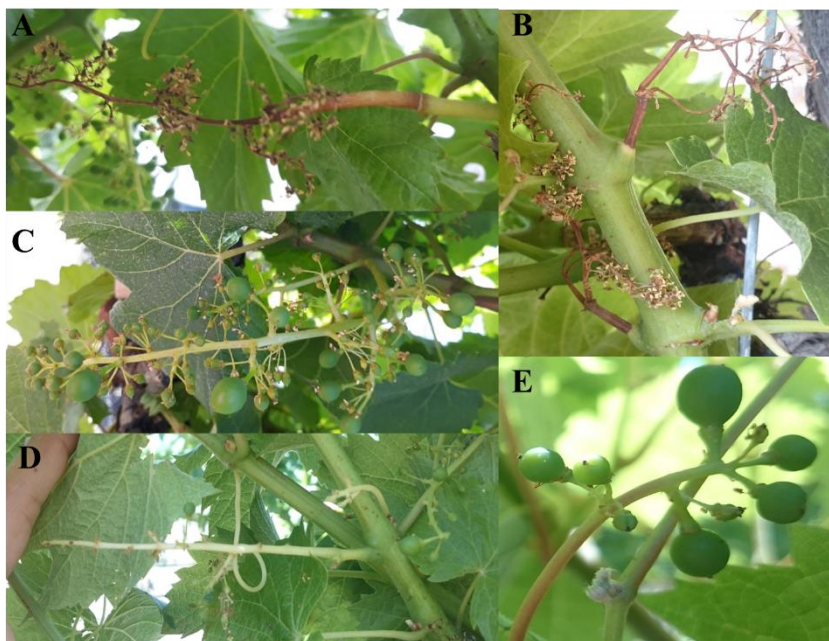


Figura 7. Corrimiento de racimos de Malbec. A y B) Necrosis de inflorescencias, C y E) Bajo porcentaje de cuaje, D) Aborto total de flores.

Por otro lado, se decidió medir el Índice de Fertilidad (n° de racimos por brote) de las plantas de la zona de vigor medio de la parcela para conocer la línea base con la que se iniciaba el estudio. Se decidió tomar esa zona por considerarla la más homogénea y representativa de la situación ideal. La Figura 8 muestra un histograma de frecuencias del índice de fertilidad en el que se observa que el 63% de las plantas analizadas presentaban menos de 1.2 racimos por brote, y que, en promedio, ninguna planta presentó más de 1.7 racimos por brote. De acuerdo con lo ya expuesto en el Capítulo 1.1.4, la fertilidad de *Vitis vinifera* L. presenta un rango de uno a cuatro. Las experiencias locales en Mendoza para el cultivar Malbec no clonal indican que su fertilidad promedio se encuentra en el rango de 1,6 a 1,9 racimos por brote. Los datos relevados en la parcela en estudio reflejan una fertilidad baja de las plantas en relación con lo esperado para este cultivar.

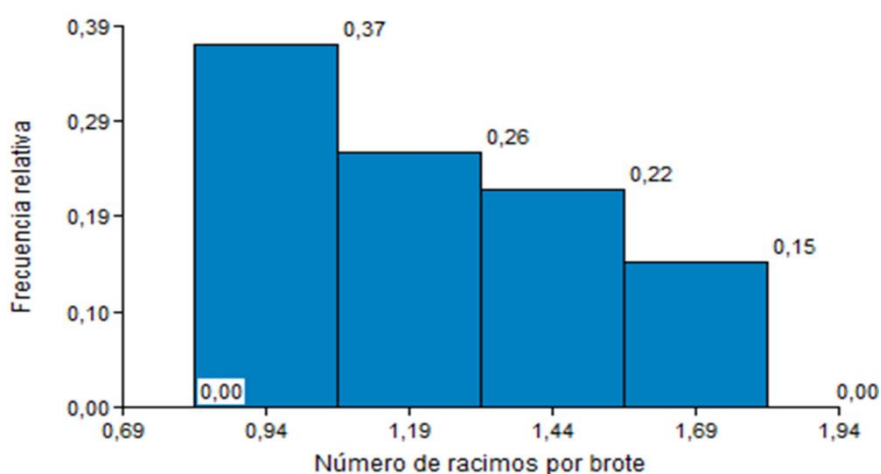


Figura 8. Frecuencia relativa del Índice de fertilidad de las plantas ubicadas en el sector de vigor medio de la parcela en estudio. Temporada 2016/2017.

Los registros relevados en la parcela en estudio de las últimas cuatro temporadas demuestran la inestabilidad en los rendimientos para este sistema (Tabla 2).

Tabla 2. Rendimientos por hectárea del cultivar Malbec en la parcela en estudio en las temporadas 2019, 2020, 2021 y 2022.

Parcela	Rendimiento (qq/ha)			
	2019	2020	2021	2022
Malbec 5 Sur	70	58.17	62.26	30.61

Fuente: Registros de rendimiento aportados por el ingeniero del establecimiento vitivinícola.

La situación reflejada en la Tabla 2 se ha repetido desde que las plantas entraron en producción. Los técnicos de la empresa han implementado distintos tipos de manejo para intentar revertir este problema, estando focalizados en su mayoría en disminuir el vigor de las plantas. Algunas estrategias empleadas han sido disminuir el aporte de agua al viñedo, disminuir la fertilización, realizar despuntes de brotes y podas tardías. Ninguna de las prácticas mencionadas produjo efectos comprobables en la disminución del problema de corrimiento.

Poco se sabe de la demanda específica de carbohidratos del sistema radical durante las distintas etapas fenológicas del cultivo. A su vez, dicha demanda está asociada a sus características morfo-fisiológicas. El uso o no de portainjertos y el hábito de crecimiento de las raíces serían determinantes en la fuerza como sumidero que tendrá dicho órgano.

Actualmente, desde el punto de vista técnico se está replanteando el sistema y tipo de poda a utilizar. Son numerosos los productores que están reemplazando la poda tradicional en cordón bilateral (pitones cortos) por podas más ricas y largas como el sistema box pruning, el guyot doble o el cordón libre. Estos sistemas presentan una disminución en las labores en verde como el desbrote y el posicionamiento de brotes. A su vez, el hecho de dejar más yemas por planta hace que ésta se autorregule, modificando el equilibrio vegetativo-reproductivo. En cuanto a los componentes del rendimiento, no está claro si el anillado los mejora en las plantas enteras, o puede aparecer un efecto de compensación.

Mediante este proyecto propongo generar información local sobre la problemática de corrimiento en el cultivar Malbec, aportando conocimientos sobre el proceso de partición de carbohidratos dentro de la planta para comprender su importancia en los distintos fenómenos involucrados en la determinación del rendimiento. Se intentará poner a punto la técnica de anillado en variedades de vid con destino a la vinificación y comprender el efecto que genera un incremento de los carbohidratos en el proceso de inducción, diferenciación floral y cuaje. A su vez, evaluaré algunas alternativas de manejo como mecanismos para disminuir el corrimiento, principalmente en situaciones cuyas características promuevan este problema. Por último, pretendo contribuir a responder el interrogante que muchas empresas se plantean a la hora de elegir el sistema de poda que les permita obtener rendimientos estables y suficientes, disminuyendo los costos operativos y garantizando el equilibrio de la planta.

1.3. Objetivo e Hipótesis generales

1.3.1. Objetivo general

Ampliar el conocimiento científico acerca del fenómeno de corrimiento de racimos de *Vitis vinifera* L. cv. Malbec en viñedos de altura de Mendoza y establecer estrategias de manejo para controlar la inestabilidad de su producción. Poner a prueba conocimiento empírico respecto de prácticas culturales para controlar el corrimiento en vid. Determinar la influencia de la disponibilidad de carbohidratos en la productividad de las plantas y la calidad de la uva.

1.3.2. Hipótesis general

Mediante diferentes prácticas de manejo, anillado de brotes y tronco, despunte de brotes y distintos sistemas de poda, es posible modificar el flujo de carbohidratos entre los distintos órganos de plantas de Malbec para disminuir el corrimiento de racimos y aumentar la productividad.

Capítulo 2

2.1. La técnica de anillado en vid

El anillado consiste en realizar una incisión a lo largo de toda la circunferencia del tronco o brote con el fin de eliminar el floema sin dañar el xilema. Es una técnica antigua que ha demostrado su eficacia en la acumulación de CH en la porción situada por encima de la incisión (Hunter y Ruffner, 2001) y en el aumento de la relación fuente:sumidero (Caspari et al., 1998). Son escasas las investigaciones que se han focalizado en el estudio de la técnica del anillado en variedades de vinificar y sus efectos en distintos parámetros fisiológicos y reproductivos. La mayoría de las investigaciones en el tema se han realizado en variedades de uva de mesa. En este tipo de sistema productivo, cuyo objetivo principal es producir frutos de buen tamaño, el anillado de sarmientos y brazos se usa para incrementar el calibre de las bayas de variedades apirénicas principalmente, para acelerar la acumulación de azúcares e inducir precocidad y para incrementar el color de las bayas (Lee et al., 2010; Soltekin et al., 2015; Crupi et al., 2016; Basile et al., 2018). En el caso de los sistemas productivos cuyo fin es la producción de uvas tintas de vinificar para elaborar vinos cualitativos, los objetivos buscados se centran en la obtención de bayas de tamaño reducido que maximicen la relación hollejo/pulpa y la concentración de compuestos cualitativos (azúcares, ácidos, antocianos y polifenoles). A su vez, si bien estos sistemas se caracterizan por rendimientos de uva moderados, la productividad por planta debe ser estable y responder al equilibrio con el crecimiento vegetativo.

Existen algunos autores que han estudiado las consecuencias del anillado en los componentes del rendimiento de las uvas de vinificar. Roper y Williams (1989) descubrieron que el anillado del tronco de las vides poco después de la antesis aumentaba la acumulación de CH en las hojas y los racimos por encima de la incisión a expensas de su partición a las raíces. Asimismo, el anillado del tronco de las vides en el momento de la floración resultó eficaz para mejorar el cuajado total de los frutos (Coombe, 1959) y el rendimiento (Brown et al., 1988). Considerando el crecimiento vegetativo, el anillado durante el periodo de floración-cuaje, no ha demostrado alterar ni la longitud final de los sarmientos ni el número de hojas por sarmiento (Caspari et al., 1998; Carrillo et al., 2020), sin embargo, su efecto sobre el área foliar no está claro.

Los ensayos llevados a cabo por Mark Eltom y colaboradores en Nueva Zelanda en la variedad Sauvignon Blanc han tenido por objeto conocer las consecuencias que ocasiona una disminución o un aumento en la disponibilidad de CH producida mediante la técnica de anillado sobre el crecimiento vegetativo y la inducción y desarrollo de inflorescencias. Los resultados de estos estudios demuestran que una disminución de los CH disponibles al inicio del crecimiento del brote parece inhibir la capacidad del mismo de formar nuevos nudos, resultando en una menor área foliar por brote (Eltom et al. 2013). A su vez, una restricción de la disponibilidad de CH previo a la brotación puede ocasionar

el aborto de algunos primordios de inflorescencias pre-formados y reducir la ramificación de las inflorescencias ya inducidas en las yemas (Eltom et al. 2014). Por último, de dichos estudios se desprende que es posible incrementar el área de circunferencia de brotes mediante un anillado que impida el flujo de fotoasimilados hacia los órganos de reserva.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Modificar el flujo de carbohidratos dentro del brote fructífero mediante un anillado de brotes.
- ✓ Evaluar el efecto de un anillado de brotes en floración en la disminución del corrimiento de racimos y en la productividad del pámpano.
- ✓ Determinar la relación entre disponibilidad de carbohidratos del pámpano y fertilidad de las yemas (número y tamaño de inflorescencias).
- ✓ Analizar la partición de carbohidratos entre los distintos órganos del pámpano al realizar un anillado en diferentes posiciones del brote.
- ✓ Incrementar la partición de carbohidratos hacia la canopia de la planta mediante la realización de un anillado de troncos.
- ✓ Evaluar el efecto de un anillado de troncos en la fertilidad total de la planta y en su productividad.
- ✓ Analizar los efectos de dichas prácticas en la calidad final de la uva.

2.3. Hipótesis específicas

- ✓ Un anillado en la base de los pámpanos en floración interrumpe el flujo de carbohidratos hacia los órganos de reserva aumentando su disponibilidad hacia las inflorescencias y racimos, lo que incrementa el porcentaje de cuaje y el peso del racimo.
- ✓ El anillado de brotes herbáceos aumenta la fertilidad de las yemas por arriba de la incisión.
- ✓ Un anillado por arriba de los racimos excluye a la porción apical del brote como sumidero de carbohidratos y produce una mejora de los componentes asociados al rendimiento de racimos.
- ✓ El anillado de troncos en floración produce un aumento en la fertilidad total de la planta y en su productividad por una mayor disponibilidad de carbohidratos en la canopia.
- ✓ Tanto el anillado de brotes como el de tronco producen cambios en la síntesis y en la concentración de metabolitos primarios y secundarios de la baya.

2.4. Descripción metodológica

2.4.1. Descripción del sitio y la parcela en estudio

Los distintos ensayos evaluados se llevaron a cabo en un viñedo de 6 has de *Vitis vinifera* L. cv. Malbec, ubicado en Gualtallary, Mendoza, Argentina (33°26'S, 69°13'O y 1205 m snm) durante las temporadas de crecimiento 2016/2017 (2017), 2017/2018 (2018), 2018/19 (2019) y 2019/2020 (2020). El ensayo de anillado de brotes se realizó durante 3 temporadas consecutivas (2017, 2018 y 2019), y el de anillado de tronco durante la temporada 2020. Las plantas de Malbec provienen de una selección masal realizada en el año 2000 y fueron implantadas en el año 2001, sobre el portainjerto 1103 Paulsen. Están conducidas en un espaldero alto (1,3 m entre vides orientadas al N-S y 2,5 m entre hileras), podadas en cordón bilateral, y protegidas con mallas antigranizo (polietileno negro). La parcela se regó por goteo para mantener las plantas sin restricciones hídricas durante todo el experimento. Para la implementación de los distintos ensayos, se seleccionó dentro de la parcela una zona con vides que presentaban un vigor similar. Se utilizaron imágenes NDVI y mediciones del diámetro del tronco para evaluar la homogeneidad dentro de la parcela de 6 ha (Figura 9). Para poder cuantificar la problemática a abordar, previo a la realización de los ensayos se midieron algunas variables relacionadas con la fertilidad de las plantas y el corrimiento. La Figura 6 muestra el número de racimos por planta y el número de bayas por racimo en las distintas zonas de vigor de la parcela. En base a estos resultados, seleccionamos para el estudio de anillado la zona de vigor medio.

Las plantas se podaron durante el reposo invernal para mantener ocho nudos por brazo (16 nudos por planta), y se desbrotaron a 16 brotes fructíferos durante las 4 temporadas evaluadas.

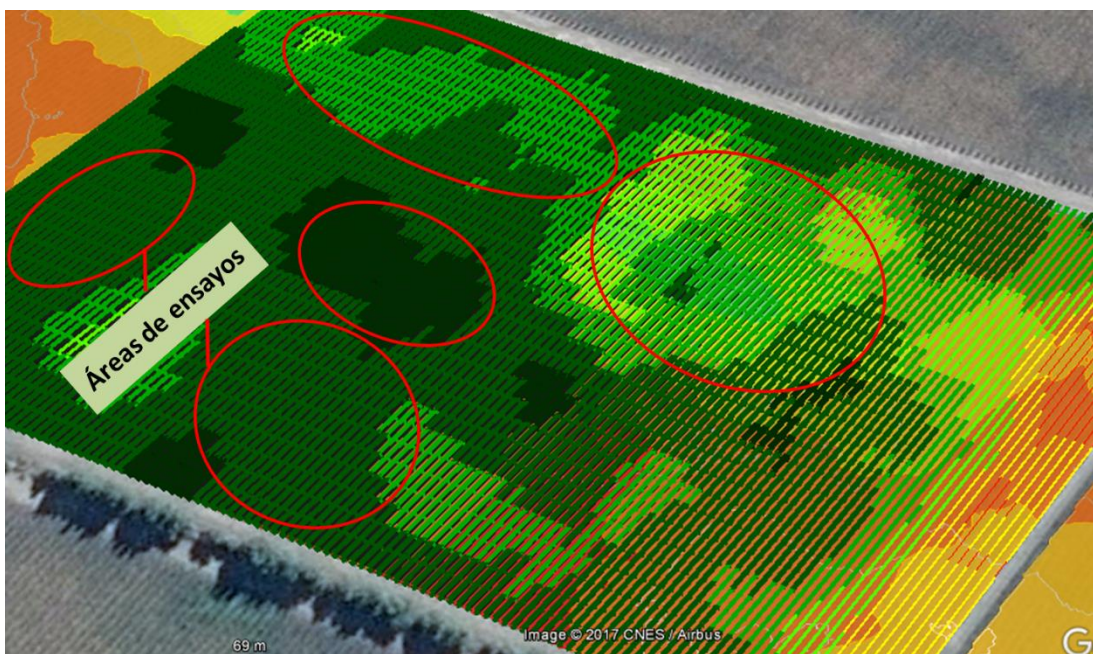


Figura 9. Imagen NDVI de la parcela en estudio
 Colores verdes más claros indican zona de menor vigor y verdes más oscuros de mayor vigor.

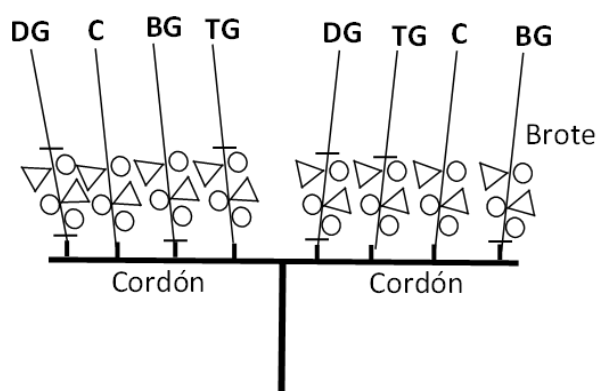
2.4.2. Anillado de brotes

Para evaluar el efecto del anillado de brotes, se realizaron distintos tratamientos utilizando dos lotes diferentes de plantas dentro de la misma zona de la parcela. En todos los casos, el anillado de brotes se realizó a la altura del punto medio del entrenudo en toda la circunferencia del brote, utilizando una herramienta específica formada por dos cuchillas separadas por 3 milímetros (Figura 10A). Esta herramienta permitió extraer completamente el floema hasta el xilema. Los claros sujetos a tratamiento se seleccionaron de forma completamente aleatoria dentro de la zona de estudio. La planta anillada correspondía a la planta del centro de un claro de cinco plantas. Se seleccionaron 23 plantas en 2017 y 14 plantas en 2018. Al inicio de la floración, estadio 19 de Eichhorn y Lorenz modificado (Coombe, 1995), se aplicaron aleatoriamente cuatro tratamientos de anillado a cuatro brotes por cada brazo de la planta (ocho brotes por planta), seleccionando brotes con 2 racimos. La unidad experimental fue cada brote por lo que el número de replicas fue de 46 para 2017 y de 28 para 2018. Los tratamientos se esquematizan en la Figura 10B.

A)



B)



Referencias:

BG: Anillado Base
C: Control
TG: Anillado Arriba
DG: Doble Anillado

Figura 10. A) Cuchilla utilizada para realizar el anillado. B) Esquema de la distribución de tratamientos de anillado en la planta.

El tratamiento de Anillado Base (Base G) consistió en realizar la interrupción del floema por debajo de los racimos, a la altura del segundo entrenudo; el tratamiento Anillado arriba (Top G) consistió en realizar la interrupción del floema en el entrenudo adyacente al segundo racimo; el tratamiento Doble anillado (Double G) consistió en interrumpir el floema a dos alturas, por debajo del racimo basal y por arriba del racimo apical; y el tratamiento Control consistió en dejar el brote sin anillar.

Luego de analizar los resultados obtenidos en las temporadas 2017 y 2018, se decidió repetir el ensayo de anillado de brotes en la temporada 2019, eliminando el tratamiento de Double G e incluyendo nuevas variables a medir. De esta manera, en el año 2019 se seleccionaron aleatoriamente 14 plantas del mismo sector de vigor de la parcela y se realizaron 3 tratamientos de anillado en el mismo estadio fenológico (E-L 19 Coombe, 1995). Los tratamientos fueron Base G, Top G y Control; y se repitieron 2 veces en cada planta (n=28).

2.4.2.1. Crecimiento vegetativo y Contenido Relativo de Clorofila

En las 3 temporadas se determinó la longitud del pámpano, el número de hojas, el área foliar de la hoja (AF) y el área foliar del pámpano entero (AFT) en el momento del envero (E-L 35 Coombe 1995). El AF se estimó de forma no destructiva midiendo la longitud de la nervadura central de las hojas de los brotes tratados y utilizando un modelo de regresión lineal entre el AF y la longitud de la nervadura, generado con la medición de estas variables en las hojas de pámpanos de plantas adyacentes, como se describe en Berli et al. (2013). El contenido relativo de clorofila (CRL) se midió en la segunda, cuarta y octava hoja desde la base del pámpano (Figura 11), con un medidor de clorofila SPAD 502 (Konica Minolta, Osaka, Japón). La longitud y el número de hojas se midieron de forma directa a campo. Durante el reposo invernal se extrajeron 4 sarmientos por planta (1 por cada tratamiento) y con un calibre digital se midió el diámetro de los nudos en su punto más ancho y correspondientes a la segunda, cuarta y octava hoja, secciones basal, media y apical del sarmiento, respectivamente.

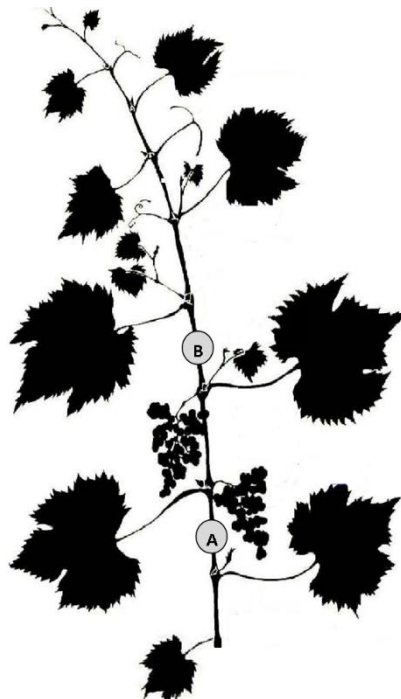


Figura 11. Esquema de la distribución de hojas y anillados en el pámpano. A: Base G, B: Top G, AB: Double G.

2.4.2.2. Porcentaje de cuaje de inflorescencias

Para medir el porcentaje de cuaje de las inflorescencias se marcó y colocó una bolsa de tul sobre la inflorescencia basal de cada brote tratado por planta en las temporadas 2017 y 2018, desde el inicio de la floración (E-L 17 Coombe, 1995) hasta un mes después del cuaje, para recoger las caliptras y ovarios no cuajados caídos. El análisis se realizó en forma manual según lo descrito por Keller et al. (2010). El contenido de las bolsas se volcó sobre una superficie blanca y se separaron las caliptras de los ovarios abortados. Se contaron ambos y se calculó el porcentaje de ovarios abortados mediante la proporción entre el número de ovarios no cuajados y el número de flores de la inflorescencia x 100. El porcentaje de cuaje (proporción de flores que cuajaron una baya) se calculó luego de la cosecha, como la relación entre el número de flores de la inflorescencia y el número final de bayas a cosecha del racimo marcado x 100 (Figura 12 A y B).

A)



B)



Figura 12. A) Imagen de las bolsas de tul colocadas en campo y B) de las caliptras y ovarios abortados separados para su análisis.

2.4.2.3. Caracterización de racimos y bayas a cosecha

Los racimos se cosecharon manualmente con tijera cuando los sólidos solubles totales (TSS) de las bayas del tratamiento Control alcanzaron los 22 °Brix, medidos con un refractómetro digital de mano Pocket PAL-1 (Atago, Tokio, Japón), unos días previos a la fecha de cosecha comercial, a principios de marzo en las temporadas 2017 y 2018. Se cortaron en campo 2 racimos por tratamiento (los que estaban marcados para registrar el porcentaje de cuaje) y por planta; se colocaron en conservadora de frío portátil con hielo seco y se trasladaron al laboratorio para su procesamiento. Los racimos se pesaron en fresco y las bayas dentro de un racimo se retiraron del raquis y se tamizaron. Las bayas se clasificaron como normales (≥ 12 mm de diámetro) y pequeñas (< 12 mm de diámetro). Para cada grupo, se determinó el peso total de bayas, el número de bayas y el peso de 1 baya. A su vez, se tomó una submuestra de cada categoría seleccionando al azar 3 bayas; se contó el número de semillas por baya, y éstas se colocaron en estufa a 80 °C hasta alcanzar peso constante. Este último procedimiento no se realizó para la temporada 2019. El resto de las bayas ya tamizadas se colocaron en bolsas de nylon a -20 °C para su posterior análisis.

2.4.2.4. Compuestos polifenólicos de la baya

En las temporadas 2017 y 2018 se descongelaron a temperatura ambiente las bayas tamizadas y se tomaron al azar 15 bayas normales y 15 bayas pequeñas para evaluar su contenido de azúcar y la concentración de compuestos polifenólicos. Se separaron los hollejos de las pulpas y semillas a mano. Las pulpas se aplastaron con la presión de los dedos y se determinó la concentración relativa de azúcar (°Brix) en el jugo con un refractómetro digital (Pocket PAL-1, Atago Co., Ltd., Tokio, Japón). Los °Brix se consideraron como el peso del azúcar en g cada 100 g PF bayas, porque tienen alta correlación, aunque en realidad representan el peso de los sólidos solubles totales. Este valor de concentración se multiplicó con el PF de las bayas para calcular el contenido de azúcar por baya (Ecuación A.5; Ver anexo). La técnica utilizada para extraer los compuestos polifenólicos fue la desarrollada por Riou y Asselin (1996). Los hollejos se colocaron en un tubo de ensayo y se deshidrataron parcialmente dejándolos en oscuridad y a temperatura ambiente durante 24 h. Posteriormente, se les adicionaron 15 ml de una solución acuosa (12% de etanol, 6 g l⁻¹ de ácido tartárico y el pH ajustado en 3,2 con NaOH) y se realizó la extracción en baño termostático a 70 °C y en oscuridad durante 3 h. La fracción líquida fue separada por decantación, mantenida 24 h a 4°C en heladera y centrifugada por 10 min a 10.000 g para separar el exceso de ácido tartárico (en forma de

sales tartáricas) y otros sedimentos. Finalmente, se recolectó el sobrenadante, se congeló y se conservó a -20 °C.

La determinación espectrofotométrica se realizó con un equipo UV-Visible modelo Cary 50 (Varian Inc., Palo Alto, CA, EE.UU.). Para determinar el contenido de antocianos totales, la solución de extracción de hollejos se descongeló, se diluyó 1: 50 con agua bidestilada y acidificada (1% HCl), y se midió la absorbancia a 520 nm de longitud de onda, contra un blanco de reactivo con una cubeta de cuarzo de 1 cm de paso óptico.

Para determinar el contenido de polifenoles totales, la solución de extracción se diluyó 1: 100 con H₂O bidestilada (pH 7,0) y se midió la absorbancia a 280 nm de longitud de onda, contra un blanco de reactivo con una cubeta de cuarzo de 1 cm de paso óptico.

Los contenidos de antocianos y polifenoles totales (índice de polifenoles totales; IPT) fueron calculados en valores absolutos (absol) y de concentración (conc), teniendo en cuenta los contenidos por unidad de hollejo y por PF de bayas, respectivamente. Esto se realizó para diferenciar los efectos sobre la biosíntesis y la acumulación, de los efectos indirectos que se pueden producir por los cambios en el tamaño de las bayas en base a Berli et al. (2008).

En la temporada 2019 se utilizó la misma técnica de extracción y determinación de compuestos polifenólicos, pero utilizando una forma diferente de considerar la muestra de bayas. En este caso, en vez de realizar la extracción por categoría de bayas (normales y pequeñas), se utilizó la proporción de éstas en el racimo entero. A su vez, se tomó el volumen de las 15 bayas y en vez de utilizar un volumen fijo de la solución de extracción, lo ajustamos en base al volumen de la submuestra de bayas.

2.4.2.5. Partición de Carbohidratos del pámpano

En la temporada 2019 y al momento de cosecha se cortaron 5 pámpanos completos por tratamiento desde su base, se colocaron en una bolsa de plástico sellada y se llevaron al laboratorio. A continuación, se separaron los diferentes órganos del pámpano (hojas, feminelas, racimos y sarmiento) y se colocaron en estufa a 65 °C hasta que el peso seco (DW) fuera constante. La partición de carbohidratos (CH) del brote hacia los diferentes órganos se expresó como la proporción del PS de cada órgano en relación con el PS total del brote (suma de hojas, feminelas, racimos y sarmiento).

2.4.2.6. Diámetro y CH solubles del nudo

Durante el reposo invernal, se recogieron 10 sarmientos por tratamiento y se utilizaron para la evaluación del diámetro de los nudos, el contenido de carbohidratos solubles totales (TSC) y la

fertilidad de las yemas a lo largo del sarmiento. El diámetro de los nudos se midió desde las posiciones 1 a 10 con un calibre digital. Posteriormente, los sarmientos se dividieron en estacas uninodales (SNC) de los nudos 1 a 10. Los SNC provenientes de la mitad de los sarmientos se molieron con un molino analítico (IKA A11, Staufen, Alemania) y el polvo se guardó a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis. Los TSC se extrajeron por percolación con etanol al 80% y el almidón se extrajo por percolación con ácido perclórico al 35%. Posteriormente se añadió el reactivo Antrona a ambos extractos y se analizó por espectrofotometría utilizando los protocolos de la Universidad de Sydney (Hansen y Møller 1975).

2.4.2.7. Fertilidad de yemas

Los SNC de la otra mitad de los sarmientos, no utilizado para determinar TSC, se colocaron aleatoriamente en bandejas plásticas con perlita lavada como sustrato y se mantuvieron en una cámara de cultivo. Las temperaturas diurnas y nocturnas se mantuvieron a $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ y $19\pm 1^{\circ}\text{C}$, respectivamente, y la duración del día se fijó en 12 horas. Las bandejas se regaron cada dos días y hasta saturación con agua corriente. A medida que iban emergiendo las hojas se cortaban. El número de inflorescencias por yema se registró diariamente (modificado de Candolfi-Vasconcelos y Koblet 1990). En la Figura 13A se observan las bandejas de SNC en la cámara de cultivo y al inicio de su brotación. Cuando las inflorescencias alcanzaban el estadio 17 (flores individuales separadas; Coombe, 1995) se cortaban y se secaban en estufa a 60°C , hasta alcanzar un peso constante (Figura 13B). Posteriormente se calculó la fertilidad media individual de las yemas a lo largo de los 10 nudos basales y la fertilidad media de los pámpanos. Esta última se determinó mediante la fertilidad media de todas las yemas del pámpano. El peso seco de las inflorescencias se presenta como 'peso seco promedio de inflorescencias del brote', y representa el peso seco promedio de las inflorescencias por yema presentes en los 10 nudos analizados.

A)

B)





Figura 13. A) Forzadura de estacas uninodales para evaluación de fertilidad. B) Inflorescencia en estadio 17 para su posterior colocación en estufa.

2.4.3. Anillado de tronco

Luego de tres temporadas consecutivas de estudio y análisis del anillado de brotes, se propuso evaluar los efectos del anillado a nivel de planta entera. El anillado de tronco (Trunk G) se realizó durante la temporada 2020. El ensayo se llevó a cabo dentro de las mismas zonas de vigor seleccionadas para el anillado de brotes, pero en un lote distinto de plantas. Durante el receso invernal se podó y se registró el peso de poda de las plantas ($n=5$) de 10 claros seleccionados al azar con el fin de confirmar la homogeneidad de vigor de las mismas. De acuerdo con los resultados de esa variable se seleccionaron las 2 plantas centrales de cada claro para aplicar los tratamientos ($n=10$). Las plantas se podaron dejando 8 pitones de 2 yemas por planta; 20 días posteriores a la brotación se realizó un desbrote con el fin de dejar un total de 16 brotes por planta. Al inicio de la floración (E-L 19, Coombe, 1995) se realizó el anillado de tronco con la misma herramienta utilizada para el anillado de brotes. La incisión se hizo 20 cm por debajo de la apertura de los brazos permanentes de la planta de modo de extraer todo el tejido floemático alrededor de la circunferencia del tronco. La Figura 14 muestra una imagen del tronco luego de haber realizado el anillado. La planta contigua de cada planta anillada se utilizó como Control.



Figura 14. Imagen de un tronco anillado en noviembre de 2019.

2.4.3.1. Crecimiento vegetativo y área foliar

En el momento de envero (E-L 36, Coombe, 1995), se seleccionó al azar un pámpano por planta para medir su longitud total y el número de hojas (n=10). Mediante cinta métrica se midió la longitud desde la base al ápice vegetativo. A su vez se contaron todas las hojas desplegadas. En ese momento, la mayoría de los pámpanos habían cesado su crecimiento, esto se advirtió observando la muerte del ápice vegetativo. La estimación del AF del pámpano se realizó de igual forma que la descrita anteriormente. Para estimar el AF total de la planta se contó el número de brotes totales y el valor se multiplicó por el AF del brote. Durante el reposo invernal se registró el peso de poda como una medida del crecimiento vegetativo de la temporada de crecimiento.

2.4.3.2. Porcentaje de cuaje de inflorescencias y porcentaje de ovarios abortados

El porcentaje de cuaje se midió de la misma forma que la descrita para el anillado de brotes. Previo al inicio de floración (E-L 17 Coombe, 1995) se seleccionó sistemáticamente y se marcó 1 racimo basal del 2° brote en dirección N-S de cada brazo de la planta (n=20), al que se le colocó una bolsa de tul que se dejó en la planta por 30 días posteriores al cuaje. El porcentaje de cuaje se calculó posterior a la cosecha contando las bayas del racimo marcado. El porcentaje de ovarios abortados se calculó mediante la relación entre la cantidad de ovarios no cuajados y la cantidad de flores totales x 100.

2.4.3.3. Número de racimos y rendimiento por planta

La cosecha se realizó en forma manual con tijera cuando las bayas del tratamiento Control alcanzaron los 24 °Brix. En cada planta se contó el número total de racimos cosechados y se pesó con balanza digital de campo el peso total de racimos. En ese momento, se colocaron en bolsas de nylon los racimos marcados que habían estado en las bolsas de tul y se trasladaron en conservadora con hielo seco al laboratorio para su posterior análisis (n=20). Con el valor del número de racimos y de brotes por planta se calculó la fertilidad media de la planta mediante la relación entre las 2 variables.

2.4.3.4. Caracterización de racimos y bayas a cosecha

El procesamiento de racimos en laboratorio se realizó de la misma forma que lo descrito para el anillado de brotes. En esta instancia se determinó el peso fresco del racimo, el número de bayas por racimo y el número y peso de bayas a <12 mm y menor a ≥ 12 mm. De acuerdo con la proporción de bayas normales y pequeñas presentes en el racimo, se seleccionaron al azar 15 bayas y se congelaron a -20 °C para su posterior análisis de compuestos fenólicos.

2.4.3.5. Compuestos polifenólicos de la baya

La extracción de compuestos polifenólicos se realizó siguiendo la metodología ya descrita para el anillado de brotes de la temporada 2019.

2.4.3.6. Índices de equilibrio vegetativo/reproductivo

Con los datos de área foliar total y rendimiento por planta se calculó el índice de hoja/fruto mediante la relación entre las dos variables (cm^2 de AF/g de uva). A su vez, con los datos del rendimiento por planta y el peso de la madera de poda, se calculó el índice de Ravaz (Ravaz, 1911) como la relación entre esas variables (kg de uva/kg de madera de poda).

2.5. Resultados ensayos anillado

2.5.1. Anillado de brotes

2.5.1.1. Temporadas 2017 y 2018

Para el ensayo de anillado de brotes se utilizaron diferentes plantas para la temporada 2017 y 2018, pero dentro de la misma zona previamente seleccionada de la parcela. En ambas temporadas se realizó un seguimiento de la fenología para determinar el momento de aplicación de los tratamientos y de la realización de los muestreos. Se midieron las mismas variables y se analizaron juntando los datos de las dos temporadas de crecimiento.

La mayoría de las variables de crecimiento vegetativo y el Contenido Relativo de Clorofila de las diferentes posiciones de hojas, medidos al inicio del envero, tendieron a ser mayores en 2018 que en 2017, con diferencias significativas para la longitud del brote, área foliar del brote, área foliar de la segunda y cuarta hoja, y CRC de la octava hoja (Tabla 2). La longitud de los brotes, el número de hojas por brote y el área foliar total del brote no se vieron afectados por los tratamientos de anillado, sin embargo, se registró un incremento del LA de la segunda, cuarta y octava hoja en el anillado en la base. El CRC no se vio afectado por el anillado, excepto en la octava hoja de los brotes de doble anillado, que fue mayor que en el Control (Tabla 3).

El diámetro de los pámpanos, medido en 3 secciones (basal, media y apical), sólo se vio afectado por el tratamiento de anillado en la base, produciendo un aumento en el diámetro en la sección media del brote, por arriba de la incisión (Figura 15).

Tabla 3. Variables de crecimiento vegetativo incluyendo el área foliar (LA) y el contenido relativo de clorofila (CRC) para diferentes posiciones de hojas (2^a, 4^a y 8^a) al inicio del invierno en pámpanos anillados de Malbec (Control, Top G, Base G y Double G), durante las temporadas 2017 y 2018.

	# Leaves/shoot	Shoot length (cm)	Total Shoot LA (cm ²)	Leaf Area (cm ²)			CRC (%)											
				2 nd	4 th	8 th	2 nd	4 th	8 th									
YEAR																		
2017	28.56	a	147.39	a	2360.48	a	21.43	a	86.96	a	134.98	a	28.16	a	29.86	a	29.32	a
2018	29.67	a	190.25	b	2734.84	b	39.33	b	133.56	b	133.42	a	29.69	a	30.22	a	30.95	a
TREATMENT																		
Control	28.96	a	164.90	a	2549.93	a	22.65	a	94.31	a	124.15	a	29.77	a	28.71	a	28.25	b
Top G	29.83	a	159.00	a	2512.88	a	34.81	bc	110.94	ab	131.96	ab	30.00	a	31.14	a	30.66	ab
Base G	28.67	a	168.93	a	2469.63	a	26.57	ab	114.70	b	142.01	b	27.07	a	31.23	a	29.08	b
Double G	29.00	a	182.44	a	2658.19	a	37.50	c	121.07	b	138.68	b	28.80	a	29.06	a	32.25	a
ANOVA																		
(Year)	0.5530	0.0045	0.0378				0.0001	<0.0001					0.7662	0.6454	0.8056			0.1782
(Treatment)	0.9754	0.7164	0.8904				0.0540	0.0944					0.0742	0.7992	0.4675			0.0700
(Year*Treatment)	0.9828	0.9984	0.9869				0.0021	0.7950					0.1425	0.5352	0.6384			0.0223

Los valores representan la media y las letras diferentes dentro de cada factor y columna indican diferencias estadísticamente significativas (LSD de Fisher, $P \leq 0,05$).

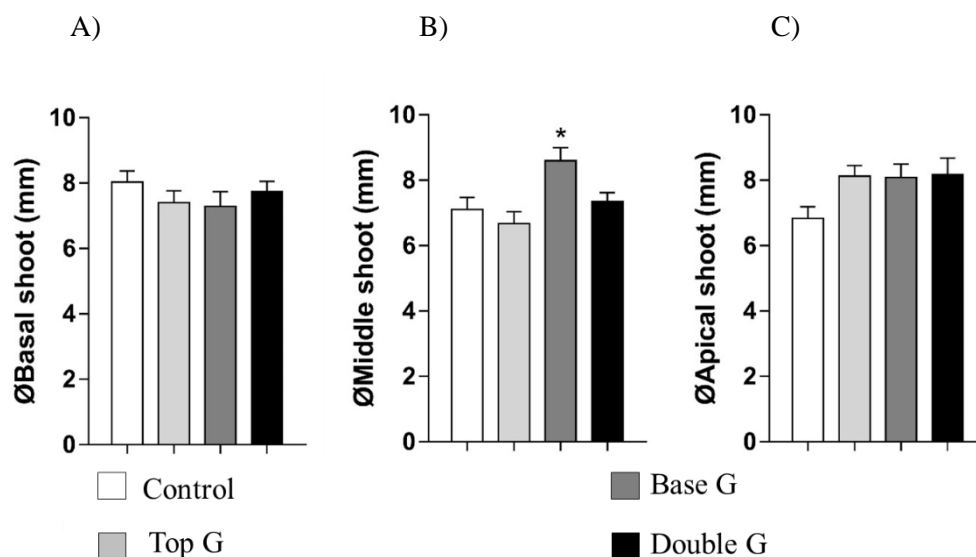


Figura 15. Diámetro de los nudos en la sección basal (A), media (B) y apical (C), evaluados en los sarmientos en la cosecha de 2018 (Control, Top G, Base G y Double G).

Los valores son medias \pm SEM y las diferencias estadísticamente significativas se analizaron con la prueba de comparaciones múltiples de Dunnett, comparando cada tratamiento con el Control (* $P=0,0332$).

El número de flores por inflorescencia en ambas temporadas osciló entre 110 y 130 y no se vio afectado por los tratamientos de anillado (Figura 16). El porcentaje de cuaje de las inflorescencias del tratamiento Control fue de alrededor del 20%, mientras que los tratamientos de anillado en la base y doble anillado incrementaron significativamente dicho componente del rendimiento, alcanzando en promedio un valor de 62%, tres veces más que el Control (Figura 17A). A su vez, esos tratamientos redujeron notablemente el número de ovarios abortados (Figura 17B); el porcentaje de aborto (n° de ovarios abortados/ n° de flores) para el tratamiento Control fue de 50,16%, mientras que para anillado en la base y doble anillado fue de 23,28% y 5,38% respectivamente; esto implica un porcentaje de reducción de aborto de ovarios del 54% para anillado en la base y 88% para doble anillado. A su vez, dichos tratamientos incrementaron el peso de racimos en un 67% y 43%, respectivamente en comparación con el tratamiento Control (Figura 17C). El tratamiento de anillado arriba no presentó diferencias significativas para ninguna de estas variables con respecto al Control.

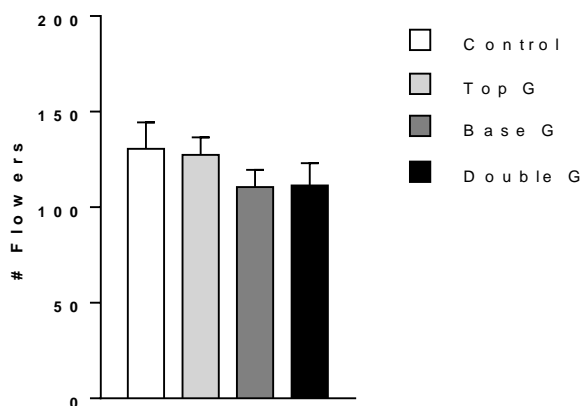


Figura 16. Número de flores por inflorescencia en los pámpanos anillados durante las temporadas 2017 y 2018.

Los valores son medias \pm SEM; las diferencias entre tratamientos se analizaron según LSD Fisher $P \leq 0,05$.

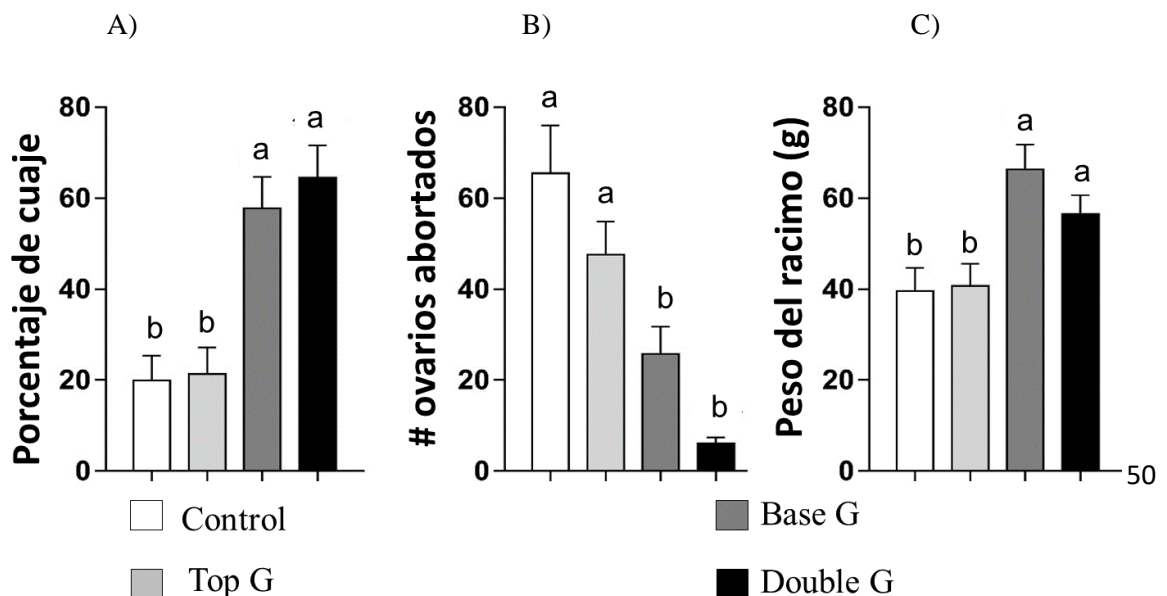


Figura 17. A) Porcentaje de cuaje de inflorescencias, B) Número de ovarios abortados y C) Peso del racimo a cosecha de los pámpanos anillados en las temporadas 2017 y 2018.

Los valores son medias \pm SEM; letras distintas expresan diferencias significativas entre los tratamientos (LSD Fisher $P \leq 0,05$).

Los racimos cosechados en ambas temporadas presentaron diferencias marcadas en el número de bayas y en el tamaño de las mismas para los distintos tratamientos. Por ese motivo se decidió separar las bayas y clasificarlas por tamaño mediante un tamiz de 12 milímetros. El número de bayas por racimo, tanto normales (≥ 12 mm) como pequeñas (< 12 mm), no difirió entre las dos temporadas evaluadas, mientras que el peso fresco de la baya normal fue mayor en la temporada 2018 (Tabla 4). El número de semillas por baya y el peso seco de cada semilla fueron superiores en las bayas normales que en las pequeñas para las dos temporadas. En las bayas pequeñas tanto el número como el peso de la semilla fue superior en 2017 que en 2018. La proporción de partenocarpia, bayas que no presentaban semilla, fue significativamente superior en las bayas pequeñas con respecto a las normales en las dos temporadas, llegando al 51% durante 2018. Las bayas normales no mostraron diferencias para este parámetro entre 2017 y 2018.

Los componentes del rendimiento relativos a la composición del racimo se vieron marcadamente afectados por los tratamientos de anillado. Los racimos de los pámpanos anillados en la base y doble anillados tuvieron un 127% y 109% más cantidad de bayas a cosecha, respectivamente que los del Control. Los racimos de anillado en la base y doble anillado presentaron un mayor número de bayas pequeñas en comparación con el Control (37 bayas pequeñas frente a 4,5 bayas pequeñas). A su vez, redujeron el número de semillas de las bayas pequeñas y aumentaron la proporción de partenocarpia (efecto de interacción significativo de los tratamientos y el tamaño de la baya). El peso fresco de las bayas pequeñas fue en promedio un 67% menor que el de las bayas normales para todos los tratamientos, mientras que el peso seco de la semilla fue aproximadamente un 50% menor. El anillado no afectó la proporción de bayas normales presentes en los racimos ni el porcentaje de partenocarpia en las bayas normales. Sin embargo, este último parámetro se incrementó significativamente en las bayas pequeñas con respecto a las normales, siendo mayor en los tratamientos de anillado en la base y doble anillado que en el Control. Las variables analizadas en los racimos del tratamiento anillado arriba no presentaron diferencias significativas con respecto al Control, excepto para el porcentaje de partenocarpia de las bayas pequeñas, en donde fue superior.

Tabla 4. Características de los racimos y bayas de Malbec con anillado de brote (Control, Top G, Base G y Double G) durante 2017 y 2018. Las mediciones se realizaron en cosecha clasificando las bayas en normales y pequeñas (≥ 12 mm de diámetro y < 12 mm de diámetro, respectivamente).

	#Berries/ cluster		Berry FW (g)		#Seeds per berry		Seed DW (mg)		Parthenocarpy (%)	
YEAR										
Normal berries										
2017	23.78	a	1.44	b	1.29	a	37.79	a	0.67	c
2018	19.52	a	1.87	a	1.17	a	33.6	a	3.21	c
Small berries										
2017	19.27	a	0.48	c	0.67	b	22.33	b	36.54	b
2018	22.26	a	0.53	c	0.48	c	14.48	c	51.58	a
TREATMENTS										
Normal berries										
Control	21.9	b	1.68	a	1.17	b	40.8	a	0.64	d
Top G	23.28	b	1.67	a	1.14	b	38.94	ab	3.85	d
Base G	22.97	b	1.66	a	1.3	ab	34.59	bc	2.08	d
Double G	18.47	b	1.61	a	1.33	a	28.45	c	1.19	d
Small berries										
Control	4.58	c	0.54	ab	0.74	c	20.4	d	22.63	c
Top G	4.54	c	0.54	ab	0.64	cd	18.69	d	37.25	b
Base G	37.03	a	0.48	ab	0.42	e	18.44	d	53.85	a
Double G	36.92	a	0.45	b	0.5	de	16.09	d	62.5	a
ANOVA										
$P_{(Year)}$	0.6935		0.7745		0.0023		0.0007		0.0063	
$P_{(Treatment)}$	<0.0001		0.0001		0.5987		0.0052		<0.0001	
$P_{(Berry\ size)}$	0.584		<0.0001		<0.0001		<0.0001		<0.0001	
$P_{(Treat*Berry\ size)}$	<0.0001		<0.0001		0.002		0.3013		0.0001	

Los valores son la media y las letras diferentes dentro de cada factor y columna indican diferencias estadísticamente significativas (LSD de Fisher, $P \leq 0,05$).

En la tabla 5 se presentan los datos del contenido de azúcares y polifenoles de las bayas a cosecha. Aunque no se registraron diferencias en los azúcares por baya entre las dos temporadas evaluadas, los °Brix fueron superiores en 2017, mientras que los compuestos polifenólicos aumentaron en 2018. La mayoría de los compuestos analizados presentaron diferencias dependientes del tamaño de la baya, con efectos significativos de interacción tratamiento x tamaño. En las bayas normales, el tratamiento de anillado en la base redujo la concentración de antocianos y fenoles y aumentó los azúcares por baya, sin afectar significativamente los sólidos solubles. En las bayas pequeñas, el anillado en la base y el anillado arriba incrementaron los sólidos solubles, sin embargo, los azúcares por baya no se modificaron con respecto al control. La concentración de antocianos se redujo en las bayas pequeñas

de los brotes anillados en la base con respecto al control. En el tratamiento de anillado arriba se observó una disminución de la concentración de los fenoles totales en las bayas pequeñas con respecto al control.

Tabla 5. Sólidos solubles (azúcares) de las bayas y contenido de compuestos fenólicos totales en hollejos de bayas normales y pequeñas de pámpanos anillados de Malbec durante 2017 y 2018.

	°Brix	Sugar (mg/berry)		Total Anthocyanins (DO520 g-1 skin DW)		Total Phenols (DO280 g-1 skin DW)		
YEAR								
2017	21.15	a	0.24	a	29.19	a	20.33	b
2018	19.92	b	0.24	a	31.10	a	47.19	a
TREATMENTS								
Normal berries								
Control	21.23	a	0.35	b	25.91	c	27.34	c
Top G	21.14	a	0.37	ab	21.22	cd	23.11	cd
Base G	20.32	ab	0.39	a	13.41	e	17.88	d
Double G	20.93	a	0.37	ab	18.22	de	21.43	cd
Small berries								
Control	19.08	b	0.11	c	45.11	a	48.63	a
Top G	20.68	a	0.11	c	38.59	ab	40.02	b
Base G	20.8	a	0.11	c	37.46	b	44.34	ab
Double G	20.1	ab	0.10	c	41.24	ab	47.32	a
ANOVA								
<i>P</i> (Year)	0.0005		0.9497		0.2532		<0.0001	
<i>P</i> (Treatment)	0.5014		0.3738		0.0011		0.0493	
<i>P</i> (Berry size)	0.0333		<0.0001		<0.0001		<0.0001	
<i>P</i> (Treat.*Berry size)	0.086		0.4293		0.4304		0.2084	

Los valores representan la media y las letras diferentes dentro de cada factor y columna indican diferencias estadísticamente significativas (LSD de Fisher, $P \leq 0,05$).

2.5.1.2. Temporada 2019

De acuerdo con los resultados obtenidos en las temporadas 2017 y 2018 se decidió repetir una vez más el anillado de brotes simplificando los tratamientos a tres (Control, Base G y Top G), incorporando nuevas variables y modificando la forma de análisis de algunos parámetros. El ensayo se llevó a cabo sobre plantas no tratadas previamente, pero en el mismo sector de la parcela utilizado los años anteriores y siguiendo la misma metodología.

El área foliar (LA) de las hojas medida en el envero, se incrementó desde la base del pámpano hacia el ápice para todos los tratamientos de anillado y en el Control, sin diferencias significativas entre los tratamientos. Es decir, la diferencia en LA estuvo dada solo por la ontogenia de las hojas ($P_{(hoja)} < 0,0001$). El contenido relativo de clorofila (CRC) fue similar para todos los tratamientos en las hojas 2 y 4, y disminuyó en la hoja 8 en ambos tratamientos de anillado con respecto al Control (Tabla 6).

El contenido de carbohidratos solubles (TSC) en los nudos de las hojas evaluadas, medido en el receso invernal, varió en función de la posición del nudo con respecto al anillado (interacción de factores significativa, $P_{(nudo*Tratamiento)} = 0,0254$). Es decir, el TSC del nudo 2 fue mayor para el anillado arriba que para el anillado en la base, mientras que en el nudo 4 se observó la situación opuesta: el TSC del nudo 4 para el anillado arriba fue inferior que en el del anillado en la base. En ambos casos, el nudo que presentó el menor contenido de TSC fue el que se encontraba por debajo de la incisión. Los tratamientos de anillado no afectaron el TSC del nudo 8 con respecto al Control (Tabla 6). La acumulación de almidón en los mismos nudos donde se evaluó TSC no se vio afectada por los tratamientos de anillado con respecto al Control (datos no mostrados).

Tabla 6. Área foliar (LA), contenido relativo de clorofila (CRC) en hojas y carbohidratos solubles totales (TSC) en nudos a diferentes posiciones (2°, 4° y 8°) en brotes anillados de Malbec (Control, Base G, Top G).

	LA (cm ²)						CRC (%)			TSC (mg/g DW)								
	leaf 2		leaf 4		leaf 8		leaf 2	leaf 4	leaf 8	node 2	node 4	node 8						
Treatments																		
Control	47.59	a	123.20	b	152.49	c	38.12	a	39.06	a	41.32	a	226.61	abc	243.44	ab	221.37	abc
Base G	46.75	a	121.66	b	145.33	c	30.08	a	31.32	a	30.50	b	169.99	c	248.75	a	216.82	abc
Top G	53.22	a	127.04	b	150.63	c	35.04	a	32.88	a	35.75	b	249.92	a	186.13	bc	240.20	ab
ANOVA																		
$P_{(Treatment)}$	0.8798		0.8560		0.1696		0.2737		0.3368		0.0042		0.0343		0.0890		0.7624	
$P_{(Leaf/Node*Tratamiento)}$	0.9558						0.9523			0.0254								

Los valores son medias y las letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias estadísticamente significativas (LSD de Fisher, $P \leq 0,05$).

En la Tabla 7 se observa que el número de bayas por racimo y el peso de los racimos a cosecha se incrementó significativamente en los pámpanos del tratamiento de anillado en la base en comparación con el Control. Los racimos de los brotes de anillado en la base aumentaron un 124% y un 68% el número y el peso fresco de las bayas, respectivamente. Considerando la proporción de bayas pequeñas (< 12 mm), su número y peso fresco se incrementó sólo en los brotes de anillado en la base, mientras que las bayas normales (≥ 12 mm) presentaron cantidades similares en los racimos de todos los tratamientos. La cantidad y peso de las bayas normales no presentó diferencias entre los tratamientos

de anillado y el Control. Los componentes del rendimiento de los racimos de los brotes de anillado arriba no se modificaron con respecto al tratamiento Control.

Tabla 7. Características de rendimiento y composición de racimos y de las bayas en brotes anillados de Malbec.

	# berries per cluster		Cluster FW (g)		# normal berries		Normal berries FW		# small berries		Small berries FW	
Treatments												
Control	32.69	b	53.33	b	25.69	a	45.96	a	7.00	b	4.19	b
Base G	73.09	a	89.81	a	34.13	a	59.77	a	38.96	a	19.04	a
Top G	34.06	b	53.34	b	26.12	a	46.18	a	7.94	b	4.37	b
ANOVA												
<i>P</i> (Treatment)	0.0001		0.0001		0.123		0.1815		0.0001		0.0001	

Los valores son las medias de 14 réplicas; letras diferentes dentro de cada columna indican una diferencia estadísticamente significativa (LSD de Fisher, $P \leq 0,05$).

Los TSS a cosecha de los racimos del Control fueron de alrededor de 25 °Brix, y se observó que los tratamientos de anillado redujeron su acumulación (Tabla 8). La concentración de antocianos aumentó en los hollejos de las bayas del tratamiento de anillado en la base, mientras que los polifenoles totales fueron similares para todos los tratamientos. Cabe aclarar que, en esta temporada, tanto los azúcares como los compuestos fenólicos, se analizaron sin discriminar en bayas normales y pequeñas, sino en base a una muestra proporcional al racimo entero.

Tabla 8. Concentración de sólidos solubles de las bayas y de compuestos fenólicos totales del hollejo en pámpanos anillados de Malbec.

	TSS		Anthocyanins		Total Polyphenols	
	(mg 100 mg-1 berries)		DO520 g-1 skin DW		DO280 g-1 skin DW	
Treatments						
Control	25.18	a	21.28	b	15.83	b
Base G	22.03	b	37.53	a	25.65	a
Top G	21.58	b	24.85	b	18.67	b
ANOVA						
<i>P</i> (Treatment)	0.0001		0.0290		0.0876	

Los valores son medias y las letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias estadísticamente significativas (LSD de Fisher, $\alpha \leq 0,05$).

La biomasa total de los pámpanos del tratamiento de anillado en la base no presentó diferencias significativas con la de los pámpanos del Control, alcanzando 80 g promedio de peso seco (Figura 18). Sin embargo, el tratamiento de anillado arriba redujo en un 42,8% el peso seco total de los pámpanos en comparación con los del Control. Uno de los efectos más marcados por los tratamientos de anillado fue la modificación en la distribución de la biomasa entre los diferentes órganos del brote. En los brotes del Control, los racimos representaron el 40,3% del total del peso seco del brote, el sarmiento el 26,8%, mientras que las hojas y las feminelas representaron el 15,4% y el 17,4% respectivamente (Figura 19). El tratamiento de anillado en la base incrementó la participación de carbohidratos hacia los racimos con respecto al Control y redujo la participación hacia las feminelas. La proporción de los racimos con respecto a la biomasa total del brote en anillado en la base fue del 60,4%, mientras que la contribución de las feminelas fue del 6,5%. El crecimiento primario del brote, representado por la proporción de las hojas y los sarmientos no se vio afectado por los tratamientos de anillado, mientras que el crecimiento secundario, representado por las feminelas se limitó en ambos tratamientos de anillado con respecto al Control.

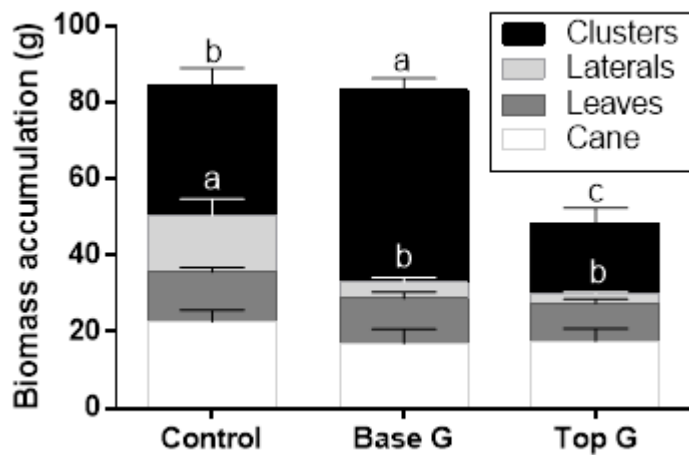


Figura 18. Acumulación total de biomasa en pámpanos anillados y su distribución entre los distintos órganos.

Los valores son medias \pm SEM (n=5), y las letras diferentes dentro de cada órgano indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (LSD de Fisher, $P \leq 0,05$).

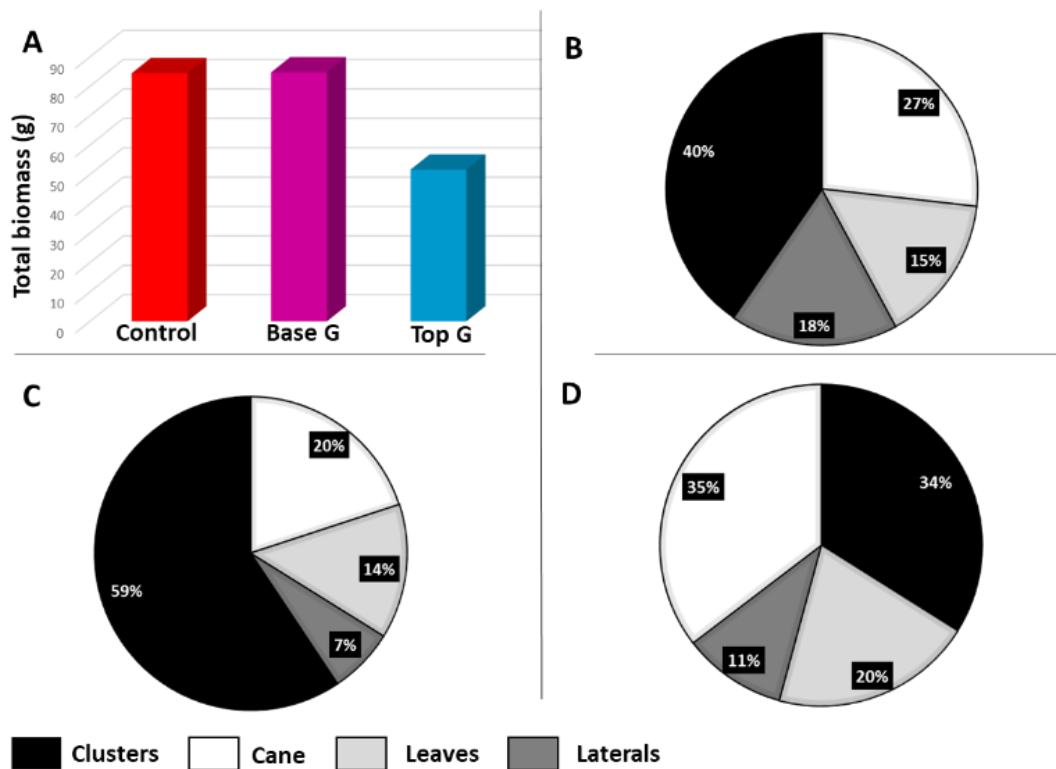


Figura 19. Porcentaje de biomasa de cada órgano con respecto al total del pámpano A) Biomasa total, B) Control, C) Base G, D) Top G.

El diámetro de los nudos del tratamiento Control presentó una disminución desde la base hacia la parte apical a lo largo del sarmiento, como era esperable (Figura 20). El anillado produjo una variación muy fuerte en el diámetro de los nudos que se encontraban inmediatamente por arriba de la incisión. En los sarmientos de anillado arriba, el diámetro se incrementó en el nudo 5, y no hubo más variaciones desde el nudo 6 hasta el nudo 10. Del mismo modo, en los sarmientos de anillado en la base se observó un fuerte aumento del diámetro en el nudo 3, por arriba del cual no se observaron variaciones significativas hasta el nudo 10.

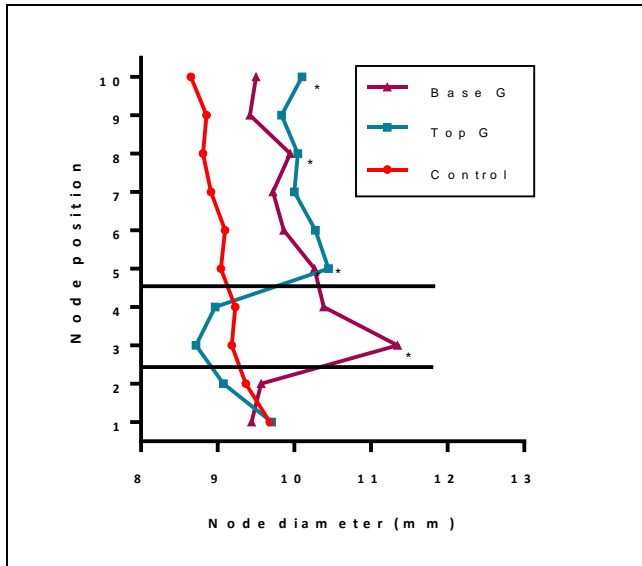


Figura 20. Diámetro de los nudos a lo largo de los sarmientos anillados (Base G y Top G) y el Control durante el receso invernal.

Los valores son medias (n=10) y los asteriscos representan diferencias significativas entre los tratamientos para cada posición de los nudos en comparación con el Control (*valor $p \leq 0,1$; LSD Fisher). Las líneas entre los nudos 2-3 y 4-5 indican la posición del anillado en Base G y Top G respectivamente.

La posición de la yema en el pámpano, entre el nudo 1 y 10, tuvo una marcada influencia en su fertilidad y los tratamientos de anillado aumentaron la fertilidad media de las yemas a lo largo del sarmiento en comparación con el Control (Figura 21 A y B). En los sarmientos Control, la fertilidad de las yemas aumentó a partir del nudo 4 llegando a 1,5 racimos por yema en el nudo 7. En los brotes de anillado en la base la fertilidad se incrementó en el nudo 3 con una media de 2 racimos por yema, manteniendo la tendencia en el nudo 4, pero no se diferencia significativamente del Control ya que para dicha yema la fertilidad también aumenta. En los brotes de anillado arriba, la fertilidad de las yemas tendió a aumentar progresivamente a lo largo del sarmiento hasta el nudo 8, donde fue significativamente superior a la de los brotes del Control (Figura 21A).

Al considerar el promedio de la fertilidad de las 10 yemas basales de los sarmientos anillados, se observó un incremento del 18% para el anillado en la base y del 26% para el anillado arriba con respecto al Control (Figura 21B).

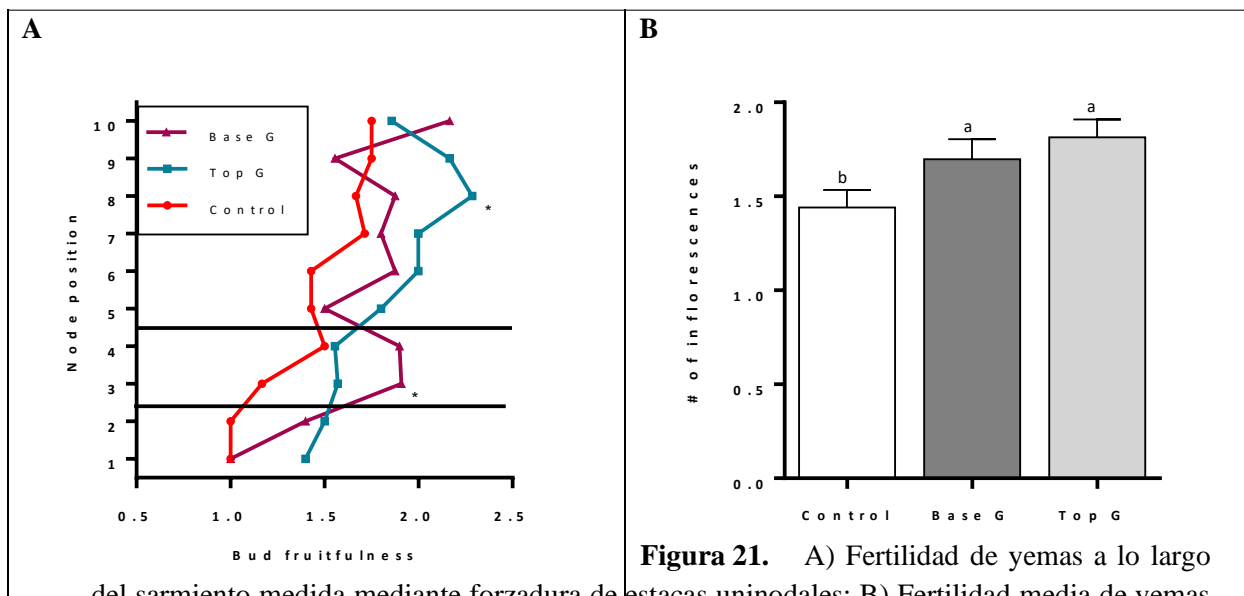


Figura 21. A) Fertilidad de yemas a lo largo del sarmiento medida mediante forzadura de estacas uninodales; B) Fertilidad media de yemas del sarmiento.

Las diferencias estadísticamente significativas se analizaron con el MLG de Fisher comparando cada tratamiento con el Control, n=5 (* $\alpha \leq 0,05$). Las líneas entre los nudos 2-3 y 4-5 indican la posición del anillado en la base (Base G) y arriba (Top G) respectivamente.

El peso seco medio de las inflorescencias presentes en las 10 yemas basales de los sarmientos del tratamiento Control fue cercano a 20 mg (Figura 22). Los tratamientos de anillado arriba y anillado en la base produjeron un incremento del 58% y del 62% en el peso seco de las inflorescencias, respectivamente.

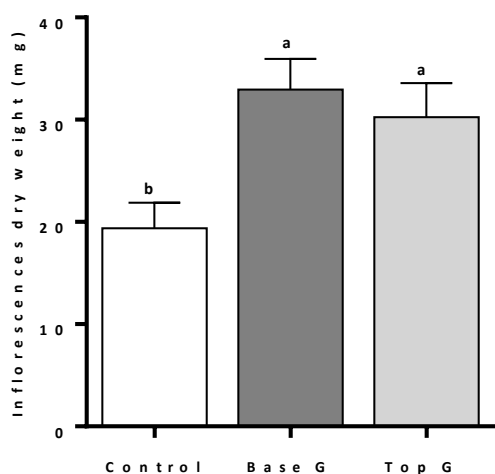


Figura 22. Peso seco promedio de las inflorescencias de las 10 yemas basales de los sarmientos, normalizado por nudo, evaluado en 2019.

Las diferencias estadísticamente significativas se analizaron con la prueba de comparaciones múltiples de Fisher, comparando cada tratamiento con el Control, n=5 (P=0,0371).

2.5.2. Anillado de tronco

En la temporada 2020 y luego de 3 temporadas consecutivas de evaluación del anillado de brotes, se evaluó el efecto del anillado en floración a nivel de planta entera. El objetivo principal fue analizar si la disminución del corrimiento y el incremento de la productividad se replicaban al tomar toda la planta, y evaluar los efectos de excluir el sistema radicular como destino de los carbohidratos durante el periodo de floración y desarrollo de la baya.

La Tabla 9 muestra que las variables de crecimiento vegetativo medidas en el envero no se vieron afectadas por el anillado, aunque algunos parámetros tendieron a aumentar. Asimismo, que en el tratamiento anillado se promueve la distribución de carbohidratos hacia la parte productiva, reduciendo la relación área foliar/peso racimos. Los sarmientos al final del ciclo vegetativo tenían una longitud de 113 cm y 122 cm en las vides Control y anillado de tronco respectivamente, y contaban con un número similar de hojas $22 \pm 1,5$. El área foliar total y el peso de la poda tendieron a ser mayores en las vides de anillado de tronco que en las del Control, pero las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P=0,1595$). Por su parte, la relación entre el área foliar y la producción de fruta en peso fresco (cm^2/g) fue 1,6 veces menor en las vides de anillado de tronco. El Índice de Ravaz (IR) no presentó diferencias entre los tratamientos, es decir no se modificó la relación entre rendimiento por planta y el peso de la madera de poda.

Tabla 9. Crecimiento vegetativo medido en el envero y durante el reposo invernal e índices de equilibrio de la vid en plantas anilladas (Trunk G) y Control.

	Shoot Length (cm)		Number of leaves		Vine LA (cm^2)		Pruning weight (g)		Ravaz Index		LA/Fruit (cm^2/g)	
Treatments												
Control	113.32	a	22.11	a	40180.79	a	507.2	a	3.85	a	26.04	a
Trunk G	122.56	a	22.67	a	50744.92	a	573.06	a	5.23	a	16.16	b
ANOVA												
$P_{(Treatment)}$	0.3224		0.7945		0.1597		0.4052		0.1846		0.0207	

Los valores son las medias de 10 repeticiones; las letras diferentes dentro de cada columna indican una diferencia estadísticamente significativa (LSD de Fisher, $\alpha \leq 0,05$).

Los componentes del rendimiento medidos a lo largo del ciclo se incrementaron significativamente con el tratamiento de anillado de tronco (Tabla 10). El porcentaje de cuaje, el número de bayas por racimo y el peso fresco del racimo se incrementaron en un 62%, 57% y 74% respectivamente, en

comparación con el Control. El porcentaje de abscisión de frutos se redujo en un 21,64% en las plantas anilladas. El número de inflorescencias está definido previo a los tratamientos de anillado en floración, y el número de racimos por brote a cosecha no mostró diferencias para ninguno de los tratamientos. Los racimos de las plantas anilladas en el tronco presentaron un mayor número de bayas pequeñas (+114%) y un mayor peso fresco de bayas normales y pequeñas (+68% y +98%, respectivamente); por lo tanto, las vides anilladas tuvieron un rendimiento promedio de un kilo más de fruta por planta que las vides del Control.

Tabla 10. Componentes del rendimiento en plantas anilladas y Control.

	Fruit set (%)		Fruitlet abscission (%)		# berries per cluster		Cluster FW (g)		# clusters per shoot		# normal berries		Normal berries FW		# small berries		Small berries FW		Yield per plant (kg)	
Treatments																				
Control	33.98	b	50.95	a	35.72	b	50.37	b	1.67	a	27.89	a	43.96	b	8.29	b	5.36	b	1.86	b
Trunk G	55.13	a	29.31	b	56.24	a	87.75	a	1.93	a	38.47	a	73.66	a	17.76	a	10.59	a	2.83	a
ANOVA																				
<i>P</i> _(Treatment)	0.0030		0.0006		0.0137		0.0088		0.1704		0.1562		0.0309		0.0175		0.0278		0.0060	

Los valores son las medias de 20 repeticiones; las letras diferentes dentro de cada columna indican una diferencia estadísticamente significativa (LSD de Fisher, $\alpha \leq 0,05$).

La concentración de sólidos solubles a cosecha de las bayas del tratamiento Control fue de 25,3 °Brix, mientras que la de las del anillado de tronco fue de 24,7 °Brix, aunque las diferencias no resultaron estadísticamente significativas (Tabla 11). Por otro lado, los metabolitos secundarios, como la concentración de antocianos y de polifenoles totales en los hollejos de las bayas, fueron similares en ambos tratamientos.

Tabla 11. Concentración de sólidos solubles totales de las bayas y de compuestos fenólicos del hollejo de plantas anilladas y Control a cosecha.

	TSS		Anthocyanins		Total Polyphenols	
	(mg 100 mg ⁻¹ berries)		DO520 g ⁻¹ skin DW		DO280 g ⁻¹ skin DW	
Treatments						
Control	25.33	a	20.86	a	34.70	a
Trunk G	24.70	a	24.02	a	32.53	a
ANOVA						
<i>P</i> _(Treatment)	0.3591		0.5121		0.7493	

Los valores son medias y las letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias estadísticamente significativas (LSD de Fisher, $P \leq 0,05$).

2.6. Discusión ensayos anillado

2.6.1. Anillado de brotes

El anillado de brotes permitió comprender mejor el efecto que ejercen algunos factores en el crecimiento y desarrollo de las inflorescencias y racimos para lograr una mejor gestión de los viñedos en términos de rendimiento y composición del fruto. Los diferentes tratamientos de anillado se utilizaron para modificar el suministro de carbohidratos a las yemas e inflorescencias en desarrollo con el fin de evaluar sus consecuencias en el corrimiento de racimos, en la fertilidad de los brotes y en la productividad. En condiciones normales, los fotoasimilados procedentes de las hojas basales se transportan de forma basípeta dentro del pámpano, mientras que los provenientes de las hojas medias se mueven tanto de forma acrópeta como basípeta (Hunter y Visser 1988), dependiendo esas direcciones de la fuerza relativa de los sumideros (Hale y Weaver 1962). El tratamiento de anillado en la base tuvo como objetivo dirigir los fotoasimilados hacia las inflorescencias excluyendo el tronco, los cordones y las raíces como sumideros, mientras que el tratamiento de anillado arriba pretendía reducir el suministro de fotoasimilados hacia los ápices y hojas jóvenes del pámpano. El tratamiento de doble anillado evaluó la contribución de un suministro limitado de fotoasimilados, de dos a tres hojas, a los frutos en desarrollo.

El desarrollo inicial de los brotes en primavera depende de los carbohidratos de reserva almacenados en las raíces, el tronco y los sarmientos (Zapata et al., 2004). Luego de la brotación, comienza un periodo de rápido crecimiento de los brotes con la aparición de una nueva hoja cada 2 días. A medida que avanza el ciclo, la tasa de crecimiento del brote primario disminuye desde la floración-cuaje, una vez que el pámpano tiene unas 18-20 hojas (Borghazan et al., 2012), cuando la división celular de las células del cambium se detiene y los brotes comienzan a formar peridermis y almacenar reservas (revisado por Keller, 2020). A medida que las hojas van creciendo comienzan a exportar asimilados, inicialmente hacia los ápices y hojas jóvenes, y más tarde hacia la base del sarmiento y las estructuras permanentes (Koblet, 1969). Los tratamientos de anillado, en general, no afectaron el crecimiento vegetativo de los pámpanos, tanto el área foliar total, la longitud final y el número de hojas medidos en el envero, cuando el crecimiento vegetativo ya se había detenido, fueron similares para todos los tratamientos. La posición de la hoja a lo largo del sarmiento tuvo una fuerte influencia en su tamaño, el área foliar individual aumentó desde la hoja 2 a la 8 como se esperaba, pero al analizar la misma en relación con la ubicación de la hoja frente al anillado, se obtuvieron distintas respuestas en las temporadas de crecimiento evaluadas. En las temporadas 2017 y 2018 los tratamientos de anillado, principalmente el anillado en la base, incrementaron el área foliar de las hojas basales con respecto al Control, sin embargo, en la temporada 2019 no se observó el mismo efecto. La falta de efecto sobre la elongación del brote y el desarrollo de nuevas hojas puede explicarse por el momento de aplicación de

los tratamientos de anillado (floración), cuando ya se ha producido una gran proporción del crecimiento vegetativo del brote. A diferencia del crecimiento en extensión, la materia seca de las hojas y los brotes y, por tanto, la masa de hojas y entrenudos puede seguir aumentando durante el resto del periodo vegetativo, hasta la caída de las hojas (Poni et al., 1994, Cartechini y Palliotti, 1995). La mejora del área foliar basal mediante tratamientos de anillado fue inesperada y puede sugerir que las hojas no estaban completamente desarrolladas cuando se impuso este tratamiento y que la reducción de los sumideros impuesta por el anillado mejoró la expansión de las hojas basales. Caspari, et al. (1998) también encontraron que el anillado basal del brote realizado en la floración no afectaba la longitud ni la materia seca total de los brotes en Sauvignon Blanc.

En las temporadas 2017 y 2018 el contenido relativo de clorofila de las hojas por debajo y por arriba de la incisión en los brotes anillados fue similar que el de los brotes del Control. Sin embargo, en la temporada 2019 el CRC de la 8^{va} hoja de los brotes anillados (por arriba de la incisión en ambos tratamientos) se redujo en comparación con el de la misma hoja de los brotes del Control. El anillado impuso un bloqueo del floema desde las hojas superiores hacia los órganos permanentes y de almacenamiento, generando posiblemente una situación de sobreabastecimiento en esas hojas, con limitaciones de movilización y acumulación de sus carbohidratos, lo que provocaría una disminución de la fotosíntesis neta por inhibición (Hunter y Ruffner, 2001; Hermans et al., 2006). En ese momento, las hojas ubicadas por arriba de las incisiones presentaban un color rojizo, indicando que el exceso de azúcares podría estar siendo utilizado para la biosíntesis de antocianos (Figura S1). Este es un efecto que ya ha sido documentado para la vid cuando las hojas no pueden movilizar sus fotoasimilados a los sumideros, generalmente por impedimentos físicos y lesiones (revisado por Keller, 2020). Además, los tratamientos de anillado excluyeron a los órganos de almacenamiento permanentes (brazos, tronco y raíces) como sumideros, aumentando la relación fuentes/destinos, pudiendo acelerar la senescencia de las hojas. En este sentido, Petrie et al. (2000a) encontraron que las hojas de las vides con una alta relación fuente/destino disminuían su contenido de clorofila más rápidamente y producían un adelanto de la senescencia, en comparación con las hojas de tratamientos con una menor relación fuente/destino. Por otro lado, Soar et al. (2004) observaron que las hojas de la vid acumulaban ácido abscísico (ABA) por encima del anillado a las 48 h del tratamiento, lo que sugiere que la planta percibe la situación estresante y promueve la biosíntesis de esta hormona. El ABA está relacionada con diferentes tipos de estrés y hay muchos antecedentes de que el aumento del ABA promueve la biosíntesis de compuestos del metabolismo secundario como los compuestos fenólicos, incluyendo antocianos en hojas de Malbec (Berli et al. 2010). Asimismo, hay trabajos en Malbec en los que mediante aplicaciones de ABA, aumentan los niveles endógenos de la hormona y se producen un adelantamiento de la maduración y senescencia Berli et al. 2015).

Con el fin de profundizar el entendimiento de la partición de carbohidratos entre los órganos del pámpano ante la presencia del anillado, en la temporada 2019 se decidió evaluar la biomasa total del

pámpano y la correspondiente a cada uno de los órganos. Este análisis demostró que el anillado en la base de los brotes no afectó la biomasa total del pámpano en relación al tratamiento Control, pero modificó el patrón de distribución de los carbohidratos, favoreciendo la partición a los racimos a expensas de las feminelas (crecimiento secundario). La vid mantiene un sistema equilibrado de asignación de fotoasimilados basado en una jerarquización de sus órganos sumideros y regulado por hormonas (Edson et al. 1995). Existen estudios que han demostrado que un incremento en la carga de la planta, es decir en el número de racimos, favorece el suministro de asimilados hacia la fruta en detrimento de la parte vegetativa y radical, pero se mantiene la biomasa total de la vid (Petrie et al. 2000c; Williams 1996). Moreno et al., (2011) mediante aplicaciones de diferentes reguladores de crecimiento (hormonas) a plantas de Malbec en maceta, encontraron que con ABA se promueve el transporte de fotoasimilados hacia la parte productiva (racimos) y hacia las reservas en raíces, reduciendo el crecimiento vegetativo.

Los pámpanos del tratamiento anillado arriba redujeron significativamente su biomasa total, debido esencialmente a los racimos, que presentaron una reducción del 49% del peso seco en comparación con los del Control. Edson et al. (1995), utilizando vides anilladas en maceta, encontraron que la carga de la planta indujo cambios en el peso seco relativo de sus diferentes órganos, pero no se registraron diferencias en el peso seco total de la misma. En nuestras condiciones, los racimos de los brotes anillados arriba fueron alimentados por las cuatro hojas basales del sarmiento y tuvieron que competir por los fotoasimilados con el tronco y las raíces, que podrían ser los responsables de la mayor demanda de carbohidratos. El crecimiento vegetativo primario, representado por las hojas y los sarmientos, no fue modificado por los tratamientos de anillado, mientras que el crecimiento secundario, representado por las feminelas, fue mayor en los brotes del Control. Nuestro sistema experimental con plantas a campo no nos permite evaluar el efecto de anillado sobre el sistema radical. Desde la brotación hasta la floración, el ápice y las hojas jóvenes sintetizan auxinas que controlan la brotación de yemas secundarias (prontas), evitando que se alarguen y que se desarrollen las feminelas (Woodward y Bartel, 2005). En los brotes del Control, las auxinas y las hormonas pueden transportarse desde los ápices a las raíces por floema sin restricciones, mientras que en los brotes anillados la interrupción del floema interfiere con el flujo de auxinas básipetamente. Esto puede contribuir con el menor desarrollo de feminelas luego de la floración, es decir por una mayor acumulación de auxinas en los brotes anillados y no sólo por la partición de carbohidratos, de acuerdo con Bangerth (2000).

El viñedo comercial de Malbec donde se realizó la investigación es propenso al corrimiento severo y a presentar bajos rendimientos anuales. Sin embargo, cada vez que se realizó un anillado en la base de los brotes, el porcentaje de cuaje se incrementó significativamente, pasando del 20% en el Control a casi el 60% en los brotes tratados. A su vez, el anillado en la base de los pámpanos fue consistente en su efecto en el aumento del peso del racimo, principalmente debido a un incremento en el número de

bayas cuajadas, y a una reducción en el aborto. En dicho tratamiento se observó un aumento significativo de la proporción de bayas pequeñas presentes en el racimo. En otras investigaciones, la interrupción del floema por debajo de las inflorescencias aumentó el cuaje (Caspari et al. 1998) y evitó el aborto prematuro de las bayas, posiblemente al mejorar la fuerza relativa de las flores/frutos por haberse eliminado los otros sumideros, gracias a un aumento en la disponibilidad de carbohidratos (Coombe 1959) y/o por cambios en el equilibrio hormonal (Kriedemann y Lenz 1972). Estos autores encontraron que la concentración de carbohidratos de la planta de vid y el diámetro del sarmiento aumentaron por encima del anillado, a su vez, Coombe (1959) registró un incremento en la concentración de azúcar de las bayas. En el presente estudio, los componentes del rendimiento del pámpano se incrementaron notablemente en los tratamientos de anillado en la base y doble anillado, con racimos caracterizados por un notable incremento de bayas pequeñas (tanto en bayas con semillas como en bayas partenocárpicas). Es importante destacar que las bayas pequeñas maduraron normalmente, acumulando azúcar y presentando coloración (antocianos y demás compuestos fenólicos) en sus hollejos. Al calcular el porcentaje de cuaje, no hemos distinguido entre bayas con semillas y bayas sin semillas, pero excluimos los pequeños frutos verdes (ovarios retenidos) para evitar una sobreestimación del parámetro. El aumento en el porcentaje de cuaje y el menor tamaño de las bayas de los brotes anillados es consistente con la bibliografía, ya que el anillado favorece la retención de frutos partenocárpicos de pequeño tamaño y de bayas pequeñas con un número reducido de semillas que normalmente abscisionarían (Coombe 1959; Brown y col. 1988). La abscisión de los frutos comienza normalmente durante el cuaje y puede extenderse hasta 4 semanas después de la antesis, dependiendo de las condiciones climáticas (Kassemeyer y Staudt 1983). Es durante este periodo que queda determinado el número final de bayas del racimo. Otros autores también encontraron un aumento de los componentes del rendimiento de la vid debido al anillado de brotes (Reynolds y de Savigny 2004; Williams y Ayars 2005), y lo atribuyen a cambios en la translocación y distribución de los fotoasimilados (Harrell y Williams 1987; Roper y Williams 1989; Zabadal 1992; Williams et al. 2000). Por lo tanto, el rendimiento del pámpano puede proporcionar un registro promediado e integrado de la disponibilidad de carbohidratos a lo largo de un periodo amplio, como proponen Caspari et al. (1998). Los resultados obtenidos en el tratamiento de doble anillado muestran que, con sólo unas pocas hojas, se puede lograr el mismo efecto sobre el porcentaje de cuaje y el aborto de bayas al del tratamiento de anillado en la base. Esto sugiere que la demanda de las estructuras perennes como sumideros de carbohidratos es la principal causa del corrimiento en el viñedo en estudio. El doble anillado también aumentó el peso fresco del racimo en comparación con el del Control, pero en menor medida que cuando el brote se anilló sólo en la base. A su vez, los efectos en el rendimiento de los frutos del tratamiento de doble anillado, en el que se excluye el aporte de una gran porción del brote, pueden estar relacionados con la capacidad de la vid para compensar la pérdida de superficie foliar mediante el aumento de la eficiencia de las hojas en términos de tasa fotosintética, es decir, en la fijación del carbono atmosférico (Iacono et al., 1995). A su vez, en estos

brotos el anillado puede haber inducido lo que se conoce como fenómeno de "interferencia" en la normal traslocación de fotoasimilados, en el que la interrupción del floema promueve que las hojas exporten asimilados a los racimos que se encuentran tanto del mismo lado como del lado opuesto, de acuerdo con lo observado por Motomura, (1993). Mientras que el anillado de los brotes por debajo de los racimos incrementó el porcentaje de cuaje y disminuyó el número de ovarios abortados, el anillado por arriba de los racimos no modificó esos parámetros con respecto al Control. Candolfi-Vasconcelos et al. (1994) demostraron que, ante una limitada disponibilidad de carbohidratos, como la ocurrida por un deshoje intenso, las vides respondían alterando el patrón natural de translocación y redirigiendo el carbono almacenado en los órganos inferiores hacia los frutos.

La iniciación y diferenciación del primordio de inflorescencia se produce en las yemas latentes alrededor de 2 semanas antes y hasta 4 semanas después de la floración, dependiendo de la posición de la yema, la posición de la inflorescencia y el cultivar; la fertilidad de la yema depende en gran medida de la disponibilidad de fotoasimilados durante ese periodo (revisado por Vasconcelos et al. 2009). El tratamiento de anillado en la base aumentó la sección transversal del pámpano por arriba de la incisión y la disponibilidad de fotoasimilados en la zona de los frutos. A su vez, se observó que el anillado en floración aumentó el diámetro del nudo y la fertilidad de las yemas por encima de la incisión, y en consecuencia, la fertilidad total del brote y el peso seco medio de la inflorescencia. Estos resultados confirmaron lo reportado previamente por Eltom et al. (2014), quienes encontraron que el anillado de los brotes inmediatamente después del cuaje aumenta el área de la sección transversal del brote y eleva la proporción de inflorescencias con un brazo externo, lo que resultaba en un aumento del tamaño de estas.

El contenido total de carbohidratos solubles (sin considerar el almidón) de los nudos analizado durante el reposo invernal presentó variaciones en los tratamientos de anillado dependiendo de la posición del nudo con respecto a la incisión. En el anillado en la base, el nudo 2 situado justo debajo de la incisión tuvo una reducción de los TSC en comparación con el mismo nudo del anillado arriba. En cambio, en el anillado arriba se observó una reducción de los TSC en el nudo 4 que, en este caso, también está situado justo debajo de la incisión. Una posible explicación es que los órganos de almacenamiento permanente (raíz, brazos y tronco) ejercen una fuerte demanda de azúcares que en el caso de los brotes anillados sólo puede ser suministrada por las hojas situadas por debajo de la incisión. Esta hipótesis se ve reforzada por una gran cantidad de literatura que ha demostrado que una parte importante del C total asimilado estacionalmente se incorpora a los compuestos estructurales de celulosa en las raíces, los tallos y los sarmientos (Winkler y Williams 1938); y, que las raíces son los sitios más importantes de acumulación de carbohidratos en términos de reservas de la vid (Bates et al. 2002; Winkler y Williams 1945). Este efecto del anillado se va perdiendo por la ontogenia de las hojas, al punto que no se observó ningún efecto del anillado a partir del nudo 8.

Para analizar los metabolitos primarios y secundarios de la baya a cosecha, en las temporadas 2017 y 2018 se discriminó el efecto de anillado en las bayas normales y pequeñas. De esa manera, podíamos conocer el metabolismo de ambas categorías de bayas. En la temporada 2019 el análisis de los metabolitos primarios y secundarios se realizó sobre una muestra de bayas que respetaba la proporción de bayas normales y pequeñas presentes en los racimos de cada tratamiento. De esa forma se buscó simular la composición real que tendría el mosto de uva, tal como ocurriría para la producción de vino en una bodega. El anillado, dependiendo del momento fenológico del tratamiento, puede afectar diferentes parámetros fisiológicos, modificando la composición química del fruto, tales como la acumulación de azúcares, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos (Basile et al. 2018). Zabadal (1992) encontró que el anillado de sarmientos de vides cv. Himrod, cuando las bayas tenían el tamaño de grano de pimienta, aumentaba el peso del racimo y el número de bayas por racimo en más del 100%, el peso de la baya en un 17% y el rendimiento en un 66%. Asimismo, encontraron que ese aumento en el rendimiento producía una reducción en la concentración de sólidos solubles en la fruta. A su vez, Ferrara et al. (2014) en un ensayo de anillado de brotes en el momento del cuaje en el cv. Italia, encontraron que aumentaba significativamente el rendimiento por planta, pero se afectaba negativamente el color de la piel de las bayas. También demostraron que el efecto del anillado sobre la composición del fruto depende de la temporada de crecimiento, debido principalmente a la combinación de factores con las condiciones climáticas (temperatura y precipitaciones). Basile et al., (2018) anillaron el tronco de la uva de mesa cv. Sugrathirteen en el momento de cuaje y envero, y encontraron que la concentración de compuestos fenólicos y de antocianos en la piel de la baya aumentaba sólo cuando el tratamiento se aplicaba en el envero. Además, dichos efectos son dependientes del cultivar, como demostraron Isci et al. (2015), quienes encontraron diferentes respuestas en la acumulación de fenoles al anillar tres cultivares de uva de mesa roja en el envero. La mayoría de los antecedentes de anillado son en variedades de uva de mesa donde el producto que generalmente se busca es racimos con un mayor tamaño de las bayas y uniformidad de color en el grano. Mientras que, en variedades de uva para vinificar, especialmente tintas y de alta calidad, el producto que se busca debe tener alta relación hollejo/pulpa lo que está dado por un menor tamaño de las bayas.

Nuestros resultados mostraron que al analizar los metabolitos en bayas normales y pequeñas por separado, el contenido de sólidos solubles de las bayas de tamaño normal no se vio afectado por los tratamientos de anillado, sin embargo, dichos tratamientos produjeron un incremento de los TSS en las bayas pequeñas. El anillado en la base de los brotes aumentó el azúcar por baya en las bayas normales y produjo una disminución de la concentración de compuestos fenólicos incluyendo los antocianos. Al analizar los mismos compuestos manteniendo la proporción de bayas normales y pequeñas (temporada 2019) se observó que los sólidos solubles de las bayas disminuyeron con los tratamientos de anillado, pero el tratamiento de anillado en la base aumentó la concentración de

antocianos. La reducción de los sólidos solubles en las bayas de brotes anillados en la base puede explicarse por el aumento significativo del número de bayas y del peso del racimo. Dokoozlian et al. (1995) también encontraron un menor contenido de sólidos solubles en el fruto en las vides anilladas en el momento del cuaje debido a un mayor tamaño de las bayas y un mayor rendimiento total. Asimismo, El mayor contenido de TSS en el tratamiento control pudo deberse a la mayor presencia de feminelas que contribuirían con un aporte adicional de fotoasimilados durante el periodo de maduración de la baya (Hale y Weaver 1962). En nuestro estudio hemos encontrado que los racimos de los pámpanos anillados en la base presentan un aumento importante del número de bayas pequeñas. Cuando el tamaño de las bayas disminuye, o se encuentra una mayor proporción de bayas pequeñas por racimo, se obtiene una mayor relación hollejo/pulpa. Esto puede aumentar la concentración de antocianos del jugo, ya que estos compuestos se acumulan en el hollejo de los cultivares tintos. Ojeda et al. (2002) encontraron que la reducción del tamaño de las bayas aumenta la relación hollejo/pulpa de las uvas Syrah y, en consecuencia, la concentración de los diferentes compuestos fenólicos dentro de la baya. Cuando se analizaron los metabolitos secundarios manteniendo la proporción de bayas normales y pequeñas presentes en el racimo, se observó una disminución significativa de la concentración de los mismos en el tratamiento Control y anillado arriba, probablemente ocasionada por la menor proporción de bayas pequeñas.

2.6.2. Anillado de tronco

Para profundizar en la comprensión de los efectos del anillado a nivel de planta entera, y de ese modo poder entender mejor las causas que ocasionan el corrimiento de las plantas en estudio, durante la temporada 2019/2020 se decidió realizar un ensayo de anillado de troncos. Asimismo, para evaluar posibles aplicaciones en forma más práctica de los resultados previamente obtenidos con anillado de brote.

El anillado del tronco es una técnica antigua utilizada principalmente en el cultivo de uva de mesa para aumentar el tamaño de las bayas y acelerar la maduración. Hay muy pocos estudios que hayan analizado sus consecuencias en variedades de vinificar. En el presente estudio, se pudo comprobar que el anillado de tronco en la floración aumentó significativamente la mayoría de los componentes del rendimiento en una variedad de uva de para vinificar como el Malbec. Las vides anilladas produjeron una media de un kilo más de fruta por planta, lo que representó una ganancia de 3 T/ha (5,72 T/ha para el Control frente a 8,7 T/ha para el Anillado de tronco). En concordancia con lo observado en el tratamiento de anillado en la base de los brotes, en el anillado de tronco hubo un incremento en el porcentaje de cuaje, una disminución del aborto de frutos y un aumento en el peso del racimo, principalmente por una mayor proporción de bayas pequeñas presentes en los racimos. Este efecto

coincide con lo observado previamente por otros autores (Coombe et al. 1959) y con los resultados propios al evaluar el anillado en la base de los brotes. Probablemente, la acumulación de auxinas que no pueden desplazarse básicamente durante el periodo de cuaje de las bayas, controlaría la abscisión de los frutos impidiendo la formación de la zona de abscisión dentro del pedicelo al disminuir la sensibilidad de las células al etileno (Kühn et al. 2016).

En las plantas de vid, las raíces son los sitios más importantes de acumulación de carbohidratos en términos de reservas (Bates et al. 2002). La interrupción del flujo del floema hacia las raíces mediante el anillado mejoró los componentes del rendimiento por una mayor disponibilidad de carbohidratos para la parte aérea. Loescher et al. (1990) demostraron que el anillado de tronco aumentaba temporalmente las concentraciones de almidón (carbohidrato no soluble, de reserva) en los sarmientos durante los primeros 31 días después de realizado el tratamiento. El número de racimos por planta, definido previamente a la aplicación del anillado, no presentó diferencias entre los tratamientos.

Los sólidos solubles de las bayas, los antocianos y los polifenoles totales no se vieron afectados por el anillado a pesar del aumento del 57% en el número de bayas y del 74% en el peso de los racimos para este tratamiento. Elsabagh (2010) mostró que dos tipos diferentes de anillado no afectaron significativamente los sólidos solubles en el cv. Alfonso Lavalle. Suponemos que la mayor acumulación de carbohidratos en la parte aérea de la planta, a expensas del sistema radicular y del tronco, fue suficiente para alcanzar la madurez de las bayas a pesar del notable aumento en el rendimiento por planta.

Las variables relacionadas con el crecimiento vegetativo no se vieron afectadas por el anillado. Sin embargo, los índices que indican el equilibrio vegetativo/reproductivo de la vid mejoraron con el anillado de tronco. El índice de Ravaz, que expresa la relación entre el rendimiento de la fruta y el peso de la madera poda, pasó de 3,85 en las vides Control a 5,23 en las anilladas. Aunque las diferencias no resultaron estadísticamente significativas, la tendencia refleja una cepa más balanceada en el caso de las plantas anilladas. Ravaz (1911) estableció un intervalo óptimo para su índice que se encuentra entre 5 y 10, para indicar que una vid está en equilibrio y es capaz de alcanzar tanto calidad de fruto como una producción consistente. Otros autores han señalado que el equilibrio de la vid también puede expresarse como la cantidad de superficie foliar necesaria para madurar una unidad de peso de la cosecha, comúnmente expresada como $\text{Área Foliar (cm}^2\text{) / Peso Fresco de la cosecha (g)}$ (Kliewer y Dokoozlian, 2005; Howell 2001; Howell et al. 1991; Petrie et al. 2000b). En nuestro estudio encontramos que las cepas del tratamiento de anillado de tronco mejoraron significativamente la relación AF/Rendimiento alcanzando valores promedio de 16,16 cm²/g frente a 26,04 cm²/g para las cepas del Control. Los valores de este índice varían en función del sistema de conducción; para las vides conducidas en espaldero alto con canopia simple ascendente, los autores informan de un rango

de 7 a 14 cm²/g y de 0,8 a 1,2 m²/kg para lograr rendimientos y calidad equilibrados y alcanzar una viticultura sostenible a largo plazo (Kliewer y Dokoozlian 2005; Howell 2001).

Capítulo 3:

3.1. Evaluación de otras prácticas para el control del corrimiento

En el sector vitivinícola de Mendoza se proponen diferentes prácticas de manejo para mejorar el cuajado y reducir el corrimiento en viñedos de Malbec ya establecidos. Estas propuestas, en general buscan controlar el vigor de las plantas y aumentar la disponibilidad de carbohidratos para las inflorescencias, pero se basan principalmente en conocimiento empírico.

En el presente Capítulo se busca evaluar la efectividad de estrategias de manejo alternativas al anillado para controlar el corrimiento de racimos de Malbec. En la temporada 2017/2018 se evaluaron los efectos de un despunte de brotes en floración, y en las temporadas 2019/2020 y 2020/2021 se evaluaron distintas riquezas de poda.

3.2. Antecedentes

Una de las causas del corrimiento de racimos es el desequilibrio entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo, o el exceso de vigor durante el periodo de floración-cuaje. Ya en 1883, Müller-Thurgau (citado por Sartorius, 1926) sugirió que escasos porcentajes de cuaje en las vides, principalmente ante condiciones de nubosidad y temperaturas frescas, se debían a la "inanición" de fotoasimilados en las flores, y que dicha "inanición" era agravada por la competencia con numerosos ápices de rápido crecimiento. Posteriores investigaciones demostraron que el cuaje era directamente proporcional al número de hojas maduras y se reducía por la presencia de hojas inmaduras y de ápices en crecimiento, sugiriendo que las necesidades del ápice del brote se satisfacen antes que las de la inflorescencia (Coombe 1962). Asimismo, hay antecedentes de que el porcentaje de cuaje de frutos está inversamente relacionado con la tasa de elongación de los brotes durante la semana siguiente a la antesis (Skene, 1969) y con el vigor vegetativo (revisado por Vasconcelos et al., 2009), afectando incluso la fertilidad de yemas (Carbonneau y Casteran, 1979).

Son numerosas las investigaciones que han empleado distintas técnicas de manejo de canopia para disminuir el vigor de los brotes en el periodo de floración-cuaje. Por ejemplo, Skene (1969) observó que la aplicación de retardantes del crecimiento en vid, como el cloromecuato (cloruro de clorocolina o CCC, Cycocel® 75, BASF Argentina) y el despunte del ápice realizado en el momento de antesis aumentaban el cuaje de los frutos, y proponen que el efecto se da por la reducción de la competencia por fotoasimilados entre las hojas en desarrollo y los ovarios. Por su lado, Coombe (1962) determinó que la eliminación de la parte apical del brote aumentaba el cuaje, pero sólo si se hacía cuando las caliptras florales estaban cayendo. Más tarde, el mismo autor comprobó que aplicaciones de CCC

antes de la floración incrementaba el cuaje de frutos, pero si los ápices en crecimiento eran removidos, el CCC no presentaba efectos (Coombe 1970). Sin embargo, existen otros autores que encontraron que el despunte de los brotes realizado una semana antes de la caída de las caliptras no incrementó significativamente el cuaje de los frutos (Brown et al. 1988). El despunte de brotes es una práctica simple de realizar y de relativo bajo costo, sin embargo, es importante determinar el momento exacto de aplicarla y las consecuencias en el microclima de la canopia por la promoción en el desarrollo de feminelas. Si bien hay bastante conocimiento empírico, son muy pocos los resultados validados a través de experimentos científicos a nivel local. En la mayoría de estos casos se han analizado la cantidad de bayas por racimo y el tamaño del racimo a cosecha, variables que no son confiables como indicadores del porcentaje de cuaje si no se mide el número de flores por inflorescencias (Collins y Dry, 2009).

Otra alternativa de manejo propuesta se basa en la regulación de la “carga” o riqueza de poda. Es en la poda invernal cuando el viticultor tiene la posibilidad de definir el número de yemas que dejará en las plantas para el nuevo ciclo de crecimiento, esa carga se conoce comúnmente como riqueza de poda. En los sistemas de conducción tradicionales como los que se diseñan en los espalderos altos, la riqueza de poda suele ser baja, o lo que es lo mismo, la intensidad de poda es alta. Anualmente se eliminan a razón de un 80% a un 90% de las yemas totales producidas en el ciclo anterior. Sin embargo, para lograr una planta equilibrada, la riqueza de poda debe definirse en función de la capacidad de la planta. Se entiende por capacidad, a la producción total de materia seca expresada como peso total de la planta (crecimiento vegetativo + rendimiento); mientras que el vigor es la tasa de crecimiento de los brotes (Winkler et al., 1974). Una planta balanceada sería aquella en la que el vigor (crecimiento vegetativo) y la productividad (producción de fruta) están en equilibrio y alcanzan altos rendimientos y calidad (Smart y Robinson, 1991; Dry, 2000).

La vid tiene la capacidad de autorregular los distintos componentes del rendimiento a fin de lograr el equilibrio y asegurar una producción sostenible en el tiempo. Así, ante un aumento de puntos de crecimiento, por un mayor número de yemas (riqueza de poda) se espera obtener más brotes, pero menos vigorosos y productivos. Son numerosos los trabajos que han evaluado el efecto de autorregulación de la vid, ya sea mediante distintas riquezas de poda, sistemas de conducción o prácticas de manejo que modifican la relación fuente/destino (revisado por Howell, 2001). Por otro lado, aquellas condiciones climáticas y prácticas culturales (riego y fertilización) que promueven un excesivo vigor, inducen baja productividad por una mayor incidencia de necrosis de la yema primaria, reduciendo la fertilidad de la planta (Lavee et al., 1981; Pérez y Kliewer, 1990). La incidencia de este fenómeno es superior en las yemas basales de los sarmientos (Lavee et al., 1981; Dry y Coombe, 1994). Adicionalmente, las canopias simples con un gran número de brotes por metro lineal, generan sombreado en las zonas basales y medias de los pámpanos y disminuyendo la fertilidad de las yemas (Shaulis y col., 1966; Smart y Robinson, 1991).

Complementariamente a la riqueza de poda, el tipo de poda también puede afectar la fertilidad total de la planta y su productividad. En las estructuras de espaldero alto los sistemas de poda más comúnmente usados son el Guyot doble y el Cordón bilateral. El Guyot doble consiste en dejar en la planta como elementos de poda dos cargadores largos (de 6 a 9 yemas) que se atan al alambre de conducción; se pueden dejar también dos pitones de dos yemas para renovación. La poda en el Cordón bilateral consiste en formar dos cordones permanentes que portan los elementos de poda, pitones de dos yemas. La poda larga a cargadores permite la brotación de yemas ubicadas entre los nudos 4 a 8 desde la base de los brotes y son numerosos los trabajos que han demostrado que la fertilidad de las yemas a lo largo del sarmiento de *Vitis vinifera* aumenta de la base hacia la zona media para luego decrecer hacia la zona apical (Sartorius, 1968, May y Cellier, 1973, Huglin y Schneider, 1998). En la determinación de la fertilidad a lo largo del sarmiento presentada en la figura xx, se observó para el Control el mismo patrón. A su vez, un estudio realizado por Lombard y colaboradores (2006) demostró que el contenido de citocininas de la yema tendía a ser mayor en pitones (poda corta) que en cargadores (poda larga). Sin embargo, los niveles de citocininas del xilema de vides cv. Sultana y Alfonso Lavallé podadas a cargadores, eran significativamente superiores a los encontrados en vides podadas a pitones. Dichos autores sostienen que en los cargadores habría una mayor disponibilidad de citocininas para el desarrollo reproductivo. De acuerdo con ello, se esperaría que las plantas podadas a cargadores presenten mayor número de racimos por planta a igual cantidad de yemas dejadas en la poda.

Si el problema de corrimiento y baja productividad que se presenta en el viñedo en estudio se debe realmente a un exceso de vigor durante la floración y desarrollo de las yemas, se espera que una mayor riqueza de poda reduzca el vigor de los brotes y mejore el equilibrio de las plantas.

3.3. Objetivos e hipótesis

3.3.1. Objetivos

- 3.3.1.1. Evaluar el efecto de un despunte de brotes en floración en el corrimiento de racimos de la variedad Malbec.
- 3.3.1.2. Evaluar la influencia del tipo y riqueza de poda en los componentes del rendimiento y el crecimiento vegetativo de plantas de vid variedad Malbec.

3.3.2. Hipótesis

- 3.3.2.1. Un despunte de brotes en floración incrementa el porcentaje de cuaje y el número de bayas por racimo al disminuir la demanda de carbohidratos que ejercen los ápices en crecimiento.
- 3.3.2.2. Un incremento en la riqueza de poda permite modificar la partición de carbohidratos entre los distintos órganos de la planta y mejorar el equilibrio vegetativo/reproductivo.
- 3.3.2.3. El incremento en la riqueza de poda permitirá controlar el vigor de los brotes disminuyendo el corrimiento de racimos y aumentando la productividad de la planta.
- 3.3.2.4. La poda larga aumenta el rendimiento por planta por un incremento en el índice de fertilidad de los sarmientos.

3.4. Materiales y Métodos

Los ensayos se llevaron a cabo en el mismo viñedo comercial de *Vitis vinifera* L. cv. Malbec que el utilizado en los experimentos de anillado de brote y anillado de tronco. El viñedo está ubicado en Gualtallary, Mendoza, Argentina (33°26'S, 69°13'O y 1205 m snm) y durante la temporada de crecimiento 2018 se ejecutó el despunte de brotes; en las temporadas 2020 y 2021 se llevó a cabo el ensayo de poda. Ambos se realizaron en el mismo sector de vigor que el utilizado para los ensayos de anillado.

3.4.1. Despunte de brotes en floración

En la temporada 2018 se marcaron las tres plantas del centro de 10 claros de 5 plantas y se ajustó su número de brotes luego de la brotación a 8 brotes por brazo, definiéndolos como brotes del brazo Norte y brotes del brazo Sur. En el mismo estadio fenológico en que se realizaron los tratamientos de anillado de brote y de tronco, (E-L 19 Coombe 1995), se eliminaron los ápices y las 2 primeras hojuelas de todos los brotes del brazo N, tratamiento de despunte (D), dejando intactos los brotes del brazo Sur, tratamiento sin despunte (SD) o control. El tratamiento se aplicó a las tres plantas. Un esquema de los tratamientos de despunte se muestra en la Figura 23. Para realizar las mediciones, se consideró la planta 3 de cada claro (N-S) n=10).

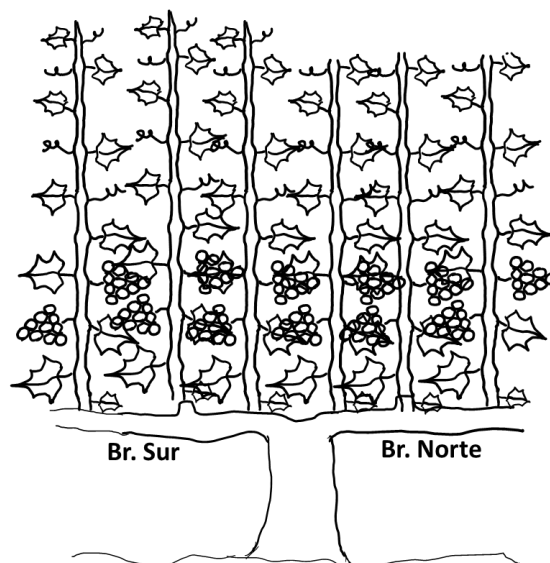


Figura 23. Esquema de la distribución del tratamiento de despunte de brotes realizado en la temporada 2018.

3.4.1.1. Variables analizadas

En este ensayo se evaluó el Porcentaje de cuaje, el Porcentaje de ovarios abortados, el Peso de racimo a cosecha y el Número de bayas por racimo. Todas las variables se midieron y se analizaron mediante los métodos detallados en el ensayo de anillado de brotes (Capítulo 2.4.2). Cuando la uva del tratamiento SD llegó a los 23 °Brix, controlada por refractometría, se cosechó el ensayo cortando primero los racimos marcados en floración (dentro de las bolsas de tul), trasladándolos en conservadora hasta el laboratorio y conservándolos a -20 °C para su posterior análisis.

3.4.2. Tipo y riqueza de poda

En las temporadas 2020 y 2021 se realizó la evaluación de distintas riquezas de poda y el cambio en el sistema de poda de pitones a cargadores. En la temporada 2020 se seleccionaron, en base al peso de la madera de poda 40 claros dentro de la zona en estudio, tomando 10 repeticiones (claro) para cada tratamiento. Durante el reposo invernal de 2019 se aplicaron a todas las plantas de cada claro los siguientes tratamientos: PD: Poda larga a 20 yemas/planta, 20y: Poda corta a 20 yemas/planta, 30y: Poda corta a 30 yemas/planta y 40y: Poda corta a 40 yemas/planta. Es decir, se evaluó el efecto de una poda larga y el incremento en la riqueza de poda de un 50% y un 100% (Figura 24). Los distintos tratamientos de poda fueron sorteados al azar entre los 40 claros seleccionados, y dentro de cada claro se podaron las 5 plantas con el tratamiento asignado. Para la evaluación de las distintas variables, se utilizaron las 3 plantas centrales del claro, dejando como borduras las de los extremos.



Poda larga-20y



Poda corta-20y



Poda corta-30y



Poda corta-40y

Figura 24. Imágenes de los distintos tratamientos de poda realizados durante las temporadas 2020 y 2021.

3.4.2.1. Variables analizadas

En el ensayo de tipo y riqueza de poda se analizaron las siguientes variables:

Porcentaje de cuaje

Porcentaje de ovarios abortados

Rendimiento por planta

Número de bayas por racimo

Peso del racimo a cosecha

Todas las variables mencionadas se midieron y analizaron de la misma forma y con las mismas técnicas ya descritas para el ensayo de Anillado de tronco (Capítulo 2.4.3).

A su vez se calculó el Índice de fertilidad (IF) y el Porcentaje de necrosis de inflorescencias (PNI). El IF se calculó dividiendo la cantidad de inflorescencias por planta al momento de floración en relación con los brotes producidos. El PNI se calculó mediante el cociente entre el número de inflorescencias por planta antes de la floración (E-L 19 Coombe, 1995) y el número de racimos a cosecha por 100.

En el caso del crecimiento vegetativo, se evaluaron y calcularon las siguientes variables:

Longitud del pámpano

Número de hojas

Área foliar del pámpano y de la planta

Peso de la madera de poda

Índice de Ravaz

Relación Hoja/Fruto

Todas las variables de crecimiento vegetativo se evaluaron de la misma forma que en el ensayo de Anillado de tronco (Capítulo 2.4.3).

A su vez, a fin de conocer la densidad y distribución de los órganos de la canopia en las distintas situaciones de poda, en la temporada 2020 se realizó una evaluación de la calidad de la canopia en invierno mediante el método de Point Quadrat. La metodología aplicada fue la propuesta por Smart y

Robinson (1991). Se colgó una regla de 1m en el alambre de carga a la altura de los racimos y como la distancia entre plantas es de 1.5m, se relevaron 13 puntos de muestreo por planta (1 cada 10 cm) en la planta central de 6 claros por tratamiento. En cada punto de muestreo se registraron los distintos órganos presentes en la canopia de Este a Oeste. Posteriormente, se calcularon el número de capas de hojas y el porcentaje de racimos al interior de la canopia.

La uva se cosechó cuando los sólidos solubles del tratamiento de Poda corta a 20 yemas alcanzaron los 22 °Brix mediante seguimiento por refractometría. En el campo, se contaron los racimos cosechados y se registró el rendimiento por planta mediante balanza de campo. El racimo marcado, que había estado en la bolsa de tul, se colocó en una bolsa de polietileno y se trasladó en conservadora hasta el laboratorio donde se conservó a -18 °C hasta su análisis.

3.5. Resultados

3.5.1. Despunte de brotes

Las variables relacionadas al corrimiento de racimos que se analizaron no presentaron diferencias significativas entre el tratamiento de despunte de brotes en floración y el tratamiento sin despunte. El porcentaje de cuaje promedio de racimos fue de 40%, mientras que el porcentaje de ovarios abortados varió de 36% para el despunte a 27.8% para el testigo. Si bien se registró un mayor número de bayas y peso de racimo para el despunte, las diferencias no fueron significativas (Tabla 12).

Tabla 12. Componentes del rendimiento medidos durante la temporada 2018 en las plantas del ensayo de despunte de brotes.

	% de cuaje		# de bayas por racimo		Peso del racimo (g)		% de ovarios abortados	
Tratamiento								
Sin despunte	40.06	a	39.86	a	56.76	a	36.27	a
Despuntado	39.67	a	52.14	a	66.52	a	27.82	a
ANOVA								
<i>P</i> (Tratamiento)	0.9697		0.3046		0.3818		0.3389	

Los valores son las medias de 10 repeticiones; las letras diferentes dentro de cada columna indican una diferencia estadísticamente significativa (LSD de Fisher, $\alpha \leq 0,05$).

3.5.2. Tipo y riqueza de poda

Para poder realizar el análisis de los resultados obtenidos se toma al tratamiento 20y, poda corta a 20 yemas, como tratamiento testigo, ya que ese tipo y riqueza de poda es la que se realiza anualmente en el viñedo en estudio.

Ninguna de las variables relativas al crecimiento vegetativo analizadas presentó diferencias entre las dos temporadas evaluadas (Tabla 13). La longitud promedio del brote y el número de hojas en el momento del envero fue de 138 cm y 24 hojas respectivamente. Los distintos tratamientos de poda modificaron significativamente la mayoría de las variables analizadas. El área foliar total de la planta se incrementó en los tratamientos de 30y y 40y, mientras que el peso de la madera poda aumentó solamente en 40y, llegando a casi 1 kg por planta. Si bien existen variaciones en el número de hojas por brote entre los distintos tratamientos, no se registran diferencias significativas con el testigo. Al calcular los índices de equilibrio de la planta, se observaron diferencias principalmente entre el tratamiento 40y y el testigo. El tratamiento 40y presentó una mayor relación hoja/fruto y un menor Índice de Ravaz. No se registraron efectos de interacción entre los tratamientos y las temporadas evaluadas.

Tabla 13. Crecimiento vegetativo e índices de equilibrio medidos durante las temporadas 2020 y 2021 en las plantas del ensayo de poda; PL (poda larga), 20y (poda corta 20 yemas), 30y (poda corta 30 yemas), 40y (poda corta 40 yemas).

	Long. del brote (cm)	#hojas/brote	AF total (cm ²)	Peso de poda (Kg)	Relación hoja/fruto	IR
Año						
2020	143.06	a	24.63	a	60179.54	a
2021	132.84	a	23.87	a	55172.07	a
Tratamiento						
PL	156.61	a	27.38	a	41491.67	c
20y	133.31	ab	24.2	ab	43551.17	c
30y	124.78	b	22.16	b	59547.34	b
40y	137.1	ab	23.25	b	86113.03	a
ANOVA						
<i>P</i> _(Año)	0.2722	0.5308	0.1659	0.6689	0.8134	0.1328
<i>P</i> _(Tratamiento)	0.0850	0.0154	<0.0001	<0.0001	0.0594	0.0311
<i>P</i> _(Año*Tratamiento)	0.3591	0.5089	0.1975	0.9848	0.3133	0.6955

Los valores son las medias de 20 repeticiones; las letras diferentes dentro de cada tratamiento y columna indican una diferencia estadísticamente significativa (LSD de Fisher, $\alpha \leq 0,05$)

Al analizar los resultados obtenidos mediante la evaluación de la canopia por el método Point Quadrat se observó que los tratamientos 30y y 40y incrementaron significativamente el número de capas de hojas dentro de la canopia al compararlos con la poda larga. Este último tratamiento presentó 1,5 capas de hoja, mientras que 30y y 40y alcanzaron en promedio más de 2 capas de hojas. El tratamiento testigo presentó 1,75 capas de hojas (Figura 25A).

En el caso del porcentaje de racimos al interior de la canopia se observó que PL presentaba un promedio de 54% internos, diferenciándose de 40y que presentaba en promedio 87% de los racimos internos. Si bien este valor es mayor que el registrado para 20y (67%), no se diferenciaron estadísticamente (Figura 25B).

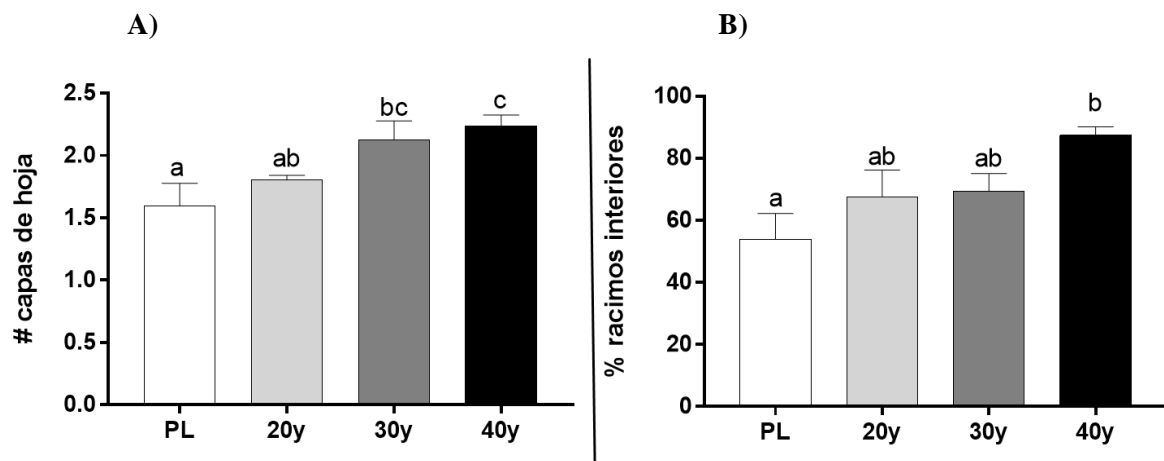


Figura 25. A) Número de capas de hoja y B) Porcentaje de racimos interiores evaluados mediante el método Point Quadrat en el momento del envero de la temporada 2020.

Las diferencias estadísticamente significativas se analizaron con la prueba de comparaciones múltiples de Fisher, comparando las medias de los distintos tratamientos, $n=6$. $P_{(\# \text{capas de hoja})}=0,0102$, $P_{(\% \text{racimos interiores})}=0,0146$.

Al analizar los componentes del rendimiento de las plantas sujetas al ensayo de poda se observa que la temporada de crecimiento provocó diferencias significativas sólo en algunas variables. El número de flores por inflorescencias y el peso del racimo fueron mayores en 2021 que en 2020, mientras que el porcentaje de necrosis de inflorescencias fue menor (Tabla 13). Los distintos tratamientos de poda modificaron significativamente los componentes del rendimiento de las plantas. El porcentaje de brotación de la poda corta, independientemente de la riqueza de poda, fue significativamente superior que el de la poda larga, mientras que el índice de fertilidad fue superior en los tratamientos de 20 yemas independientemente del tipo de poda (larga y corta). El número de racimos por planta se incrementó conforme aumentaron las yemas dejadas en la poda. La cantidad de racimos promedio para los tratamientos de 20 yemas fue de 29,5, mientras que para 30y y 40y fue de 38,6 y 45, respectivamente. El porcentaje de necrosis de inflorescencias se vio afectado por el incremento en la riqueza de poda; el tratamiento testigo presentó un valor de 3,77%, mientras que 40y aumentó el porcentaje de necrosis a 15%. La poda larga y 30y no afectaron el porcentaje de necrosis, sin embargo, la media de esta variable para 30y fue de 7,49%. El número de bayas por racimo y el peso del racimo a cosecha disminuyeron con el número de racimos por planta; es decir, los tratamientos 30y y 40y redujeron las bayas por racimo y su peso con respecto a los tratamientos de 20 yemas (Tabla 12). Los tratamientos de 30y y 40y disminuyeron el porcentaje de cuaje con respecto a los tratamientos de 20y y PL, mientras que 40y incrementó el porcentaje de ovarios abortados con respecto a 20y.

Tabla 14. Componentes del rendimiento medidos durante las temporadas 2020 y 2021 en las plantas del ensayo de poda; PL (poda larga), 20y (poda corta 20 yemas), 30y (poda corta 30 yemas), 40y (poda corta 40 yemas).

	% de brotación		IF		#racimos/planta		#flores/inflorescencia		% de ovarios abortados		% de cuaje		% de necrosis		Rendimiento/planta (Kg)		#bayas/racimo		Peso del racimo (g)	
Año																				
2020	90.65	a	1.63	a	34.35	a	141.17	b	64.67	a	29.43	a	10.79	a	1.91	a	40.52	a	53.81	b
2021	87.41	a	1.60	a	36.74	a	175.96	a	77.94	a	30.11	a	4.45	b	2.05	a	47.37	a	93.31	a
Tratamiento																				
PL	79.03	b	1.82	a	27.80	c	164.82	a	63.71	ab	32.01	ab	4.21	b	1.74	a	50.06	ab	89.59	a
20y	95.11	a	1.70	a	30.69	c	143.96	a	55.70	b	36.47	a	3.77	b	2.11	a	53.56	a	95.13	a
30y	92.25	a	1.47	b	38.61	b	155.03	a	76.54	ab	26.45	b	7.49	ab	1.91	a	36.79	bc	58.61	b
40y	89.73	a	1.46	b	45.07	a	170.46	a	89.29	a	24.14	b	15.00	a	2.15	a	35.36	c	50.93	b
ANOVA																				
<i>P</i> (Año)	0.0885		0.5857		0.2352		0.0038		0.1704		0.8334		0.0207		0.5087		0.1848		<0.0001	
<i>P</i> (Tratamiento)	<0.0001		<0.0001		<0.0001		0.3942		0.0941		0.0467		0.0228		0.4801		0.0294		0.0001	
<i>P</i> (Año*Tratamiento)	0.9675		0.1771		0.8278		0.6166		0.9662		0.7139		0.7808		0.8365		0.2198		0.1243	

Los valores son las medias de 20 repeticiones; las letras diferentes dentro de cada tratamiento y columna indican una diferencia estadísticamente significativa (LSD de Fisher, $\alpha \leq 0,05$).

Para analizar la incidencia de la necrosis de inflorescencias se utilizó un gráfico de distribución de los valores individuales del porcentaje de necrosis para cada tratamiento. Se observa que los tratamientos de 30y y 40y presentan una gran variabilidad de los datos relevados. La necrosis de racimos en algunas plantas podadas a 30y y 40y llegó al 53% y al 75% respectivamente, mientras que para PL y 20y el máximo porcentaje de necrosis observado fue del 30% (Figura 26).

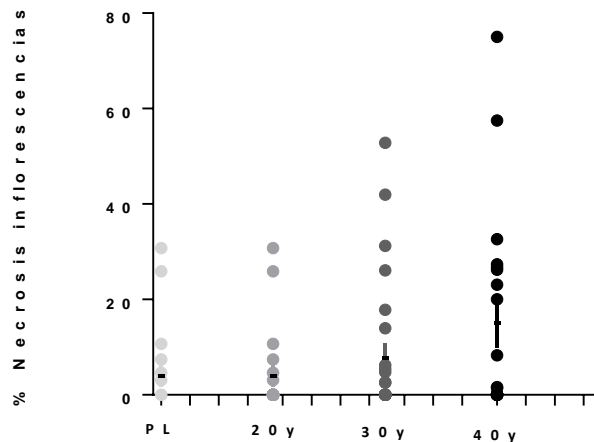
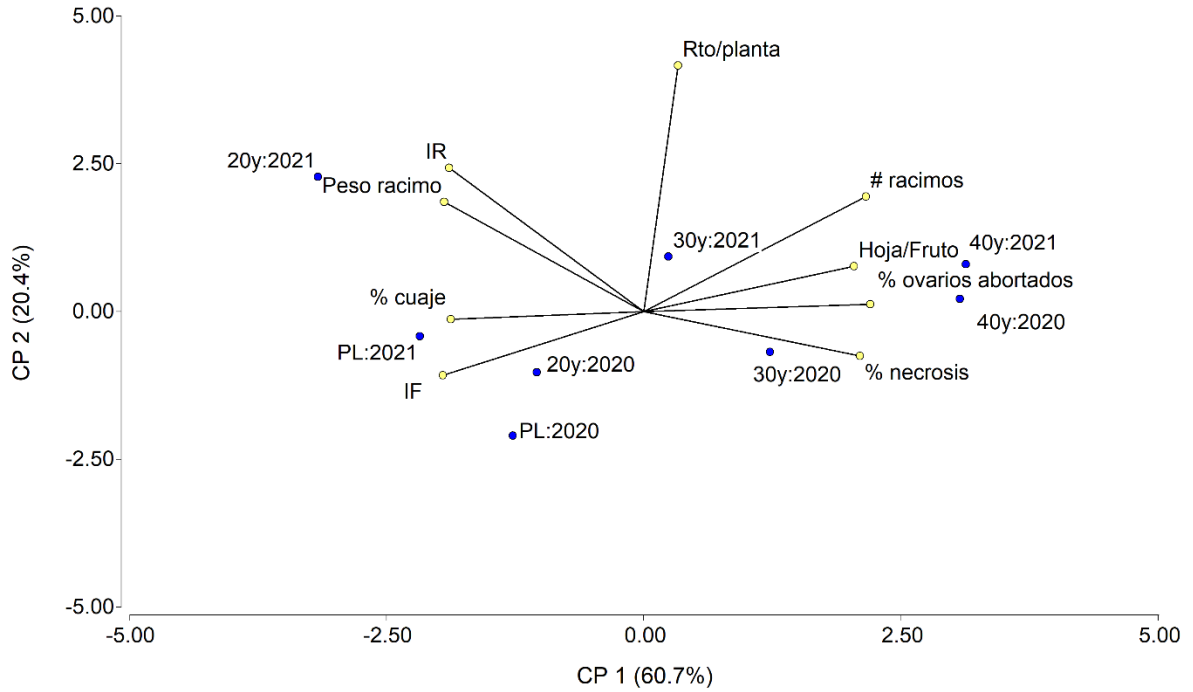


Figura 26. Distribución de los valores obtenidos del porcentaje de necrosis de inflorescencias para los distintos tratamientos de poda en 2020 y 2021. Se muestra media +/- el error estándar.

Del análisis de componentes principales se desprende que el año tuvo un efecto marcado en las variables relacionadas con el corrimiento. El año 2021, en general, presentó mayor peso de racimo, porcentaje de cuaje, índice de fertilidad y rendimiento por planta, mientras que el año 2020 presentó mayor porcentaje de necrosis de inflorescencias y aborto de ovarios (Figura 27). A su vez se observa que hay variables fuertemente asociadas a un determinado tratamiento, como el índice de fertilidad con PL y el porcentaje de necrosis de inflorescencias y el aborto de ovarios con 40y. En el caso del rendimiento por planta, explicado en el eje 2, se asocia parcialmente al número de racimos por planta y a su peso, pero no presenta una fuerte asociación con ninguno de los tratamientos. Los mayores valores de Hoja/Fruto se asocian a 40y y se relacionan de manera inversa al % de cuaje, al IF y al peso del racimo, mientras que los mayores valores de IR se asocian con 20y y PL.

Figura 27. Gráfico *biplot* del análisis multivariado de componentes principales (ACP), utilizando como criterio de clasificación a la temporada (2020 y 2021) y a todos los tratamientos de poda, sobre los componentes del rendimiento y el equilibrio vegetativo/reproductivo, PL (poda larga), 20y (poda corta 20 yemas), 30y (poda corta 30 yemas), 40y (poda corta 40 yemas).



3.6. Discusión

3.6.1. Despunte de brotes

El despunte de brotes es una práctica sencilla y de relativa fácil aplicación en el viñedo, sin embargo, su eficacia en la disminución del corrimiento de racimos no está del todo comprobada. A nivel local no hay trabajos científicos publicados que hayan medido el porcentaje de cuaje y su variación debido a la realización del despunte de brotes, por lo que resulta complejo comparar nuestros resultados con trabajos similares. Guerra (2006), en un ensayo de despunte de brotes en Malbec, registró un incremento del 84% en los rendimientos de las plantas tratadas, pero no midió porcentaje de cuaje. En el presente estudio se utilizó la misma planta para aplicar el despunte y el testigo con el fin de disminuir la variabilidad propia del material vegetal, dado que se trata de una selección masal. El despunte de brotes en las condiciones experimentales del ensayo no disminuyó la incidencia de corrimiento de racimos del cv. Malbec. Collins y Dry, (2009), quienes midieron el porcentaje de cuaje, obtuvieron incrementos en esta variable del 20% al 57% al realizar un despunte de brotes antes de la floración. Cabe recordar que el dispositivo utilizado estableció los dos tratamientos en la misma planta, despuntando todos los brotes del brazo norte y dejando sin despuntar los del brazo sur. Si bien varios autores como Koblet (1969) y Motomura (1990) han establecido que la partición de CH responde a los fenómenos de proximidad y conexión, es decir que las fuentes que alimentan a un órgano sumidero son las que se encuentran más próximas a él y están conectadas vascularmente del mismo lado, también Koblet y Perret (1972) y Quinland y Weaver (1970) han demostrado que ante ciertas prácticas como el despampanado, se presenta el fenómeno de interferencia, en el cual se realiza la exportación cruzada de CH en distintas direcciones. Por lo que, en este caso, las hojas de los brotes despuntados pueden haber suministrado CH a los ápices de los brotes sin despuntar, diluyendo el efecto buscado.

Si se analizan estos resultados con los correspondientes al tratamiento de anillado arriba de los racimos, se desprende que eliminar la demanda de CH de la porción apical de los brotes no produce un efecto positivo en la disminución del corrimiento, ya que no incrementa el porcentaje de cuaje ni disminuye el aborto de ovarios. En nuestro sistema experimental, con la combinación del material vegetal de Malbec y el portainjerto 1103 Paulsen, el mayor efecto en la reducción del corrimiento parece estar dado cuando se anula la movilización de CH hacia las raíces y no hacia los ápices de los brotes.

3.6.2. Tipo y riqueza de poda

La cantidad de puntos de crecimiento y la posterior distribución de los brotes en el espacio se define anualmente en el momento de la poda invernal. La riqueza y tipo de poda determinarán en gran medida el potencial productivo de la planta y las condiciones de desarrollo y maduración de la uva. Los resultados obtenidos en las dos temporadas evaluadas demostraron que para un mismo número de yemas, prácticamente no hay diferencias entre la poda corta y la poda larga en las variables asociadas al rendimiento y en las asociadas al crecimiento vegetativo. En cuanto a los componentes del rendimiento, la única variable que presentó diferencias fue el porcentaje de brotación, que fue inferior en la poda larga con respecto a la poda corta. Este resultado es consistente con la bibliografía que ha determinado que en las plantas podadas a cargadores las yemas más distales brotan primero y crecen vigorosamente, inhibiendo la brotación de las yemas basales (Galet, 2000, Keller, 2020). Mientras que, en las plantas podadas a pitones, no se presenta el fenómeno de inhibición correlativa de las yemas (Clingeleffer, 1989). El índice de fertilidad, el porcentaje de cuaje, el número de bayas por racimo y el peso del racimo de los tratamientos 30y y 40y disminuyeron significativamente con respecto al control 20y. Esta disminución podría deberse a un efecto combinado de auto compensación de la planta y de una menor acumulación de reservas dada por dos temporadas sucesivas de incremento de los órganos sumideros. Según Coombe y Dry, (2001), la vid tiene una capacidad limitada dada por las restricciones impuestas por la cantidad de recursos disponibles, por lo tanto, sólo puede mantener un cierto número de brotes y producir una cierta cantidad de uva madura en una temporada. Este fenómeno se refuerza en el presente estudio por la ausencia de diferencias en el rendimiento por planta entre los tratamientos de mayor riqueza de poda y el control 20y. A pesar de un incremento en el número de racimos por planta de 53% y 26% en 40y y 30y respectivamente, no se registraron diferencias significativas en el rendimiento final. Clingeleffer, (1989), encontró que existía una correlación negativa entre el rendimiento de plantas con mayor número de racimos y el peso de éstos; en dichas situaciones los racimos eran más pequeños y el rendimiento por brote era menor.

La poda tiende a disminuir la capacidad de la planta, ya que reduce el número de brotes y hojas totales, retarda el desarrollo de la canopia y reduce la cantidad total de fruta (Coombe y Dry, 2001). Los resultados obtenidos en el ensayo demostraron que sí hubo una reducción del área foliar total de las plantas con mayor intensidad de poda (20y y PL), sin embrago, no se observó una disminución en el rendimiento. Contrariamente a lo que afirman dichos autores y gran parte de la bibliografía, el vigor de los brotes, reflejado en la longitud total y el número de hojas, no disminuyó en los tratamientos de mayor riqueza de poda (30y y 40y) con respecto al control 20y. Sin embargo, al analizar la calidad de la canopia

a través del método point quadrat, se observó que 40y presentó un incremento en el número de capas de hojas con respecto a 20y, y que el 80% de los racimos se encontraban al interior de la canopia, es decir sombreados. Más allá de las consecuencias en la maduración de los racimos y la calidad de la uva, no analizada en el presente trabajo, el sombreado de los sarmientos y las yemas provocaría una disminución de la fertilidad total de la planta (Smart, 1991; Vasconcelos et al., 2009).

Cuando se analizan los índices indicadores del equilibrio vegetativo/reproductivo de la planta, se observa que el tratamiento 40y presentó valores alejados del rango óptimo que sugiere la bibliografía, tanto para el Índice de Ravaz como para la relación hoja/fruto; el Índice de Ravaz para 40y fue de 2.96, y el de AF/rendimiento fue de 35.86 cm²/g (Smart, 1991; Howell, 2001; Schultz y Stoll, 2010). Un incremento de la riqueza de poda en un 100% indujo un mayor desequilibrio en relación con el tratamiento control 20y. Si a esto se suma que el tratamiento 40y indujo una mayor incidencia de necrosis de inflorescencias y de aborto de ovarios, podemos concluir que el corrimiento no estaría dado por un desequilibrio vegetativo/reproductivo. Al modificar el flujo de CH entre los órganos de la parte aérea de la planta dejando más puntos de crecimiento, no se resuelve el problema de corrimiento ni se incrementa el rendimiento, lo que reafirma la teoría de que la demanda de CH del sistema radical sería la causal de este fenómeno.

Capítulo 4

4.1. Discusión: Efecto del anillado en la disminución del corrimiento frente a otras alternativas de manejo

Tal como se menciona en Capítulos anteriores, las causas del corrimiento son múltiples, e incluyen factores genéticos (material vegetal) y ambientales que resultan esenciales para el desarrollo floral (Carbonneau et al. 2007). El cuajado de los frutos depende del suministro de CH a las inflorescencias, determinado por el balance de carbono de los órganos de reserva, la fotosíntesis neta y la demanda de los órganos sumideros competidores (Zapata et al., 2004b). En el presente trabajo se evaluaron distintas prácticas agronómicas que permitieron modificar la relación fuentes/sumideros y la partición de CH con el fin de disminuir el corrimiento de racimos del cv. Malbec y aumentar su productividad.

En la Figura 28 se presenta un análisis multivariado en donde el criterio de clasificación fue cada una de las prácticas agronómicas evaluadas, y las variables analizadas que se asocian al corrimiento. En primer lugar, se desprende que el porcentaje de cuaje, el número de bayas por racimo y el porcentaje de aborto de ovarios presentan su mayor magnitud sobre el eje 1, mientras que el peso del racimo se explica en parte por el eje 1 y en parte por el eje 2; juntos, estos dos componentes explican el 89,5% de la variabilidad encontrada. Esta última variable se conforma no sólo por la cantidad de bayas que cuajaron, sino también por el peso individual de las mismas, que queda determinado durante las distintas etapas de desarrollo de la baya. Los tratamientos considerados "testigo" (control de brotes sin anillar, brotes sin despuntar, tronco sin anillar y poda corta a 20 yemas) se ubican opuestos a las variables de productividad (principalmente control de brotes sin anillar). Los tratamientos que incrementaron la riqueza de poda (30y y 40y) aparecen asociados a un mayor porcentaje de ovarios abortados, junto con Control y Top G. En el caso de la poda larga y el despunte, se observa una falta de efecto en la disminución del corrimiento y el aumento de la productividad, sin embargo, no se encuentran asociados a menor peso de racimo. Los tratamientos Base G, Double G y Trunk G se asocian fuertemente con un mayor porcentaje de cuaje y número de bayas por racimo.

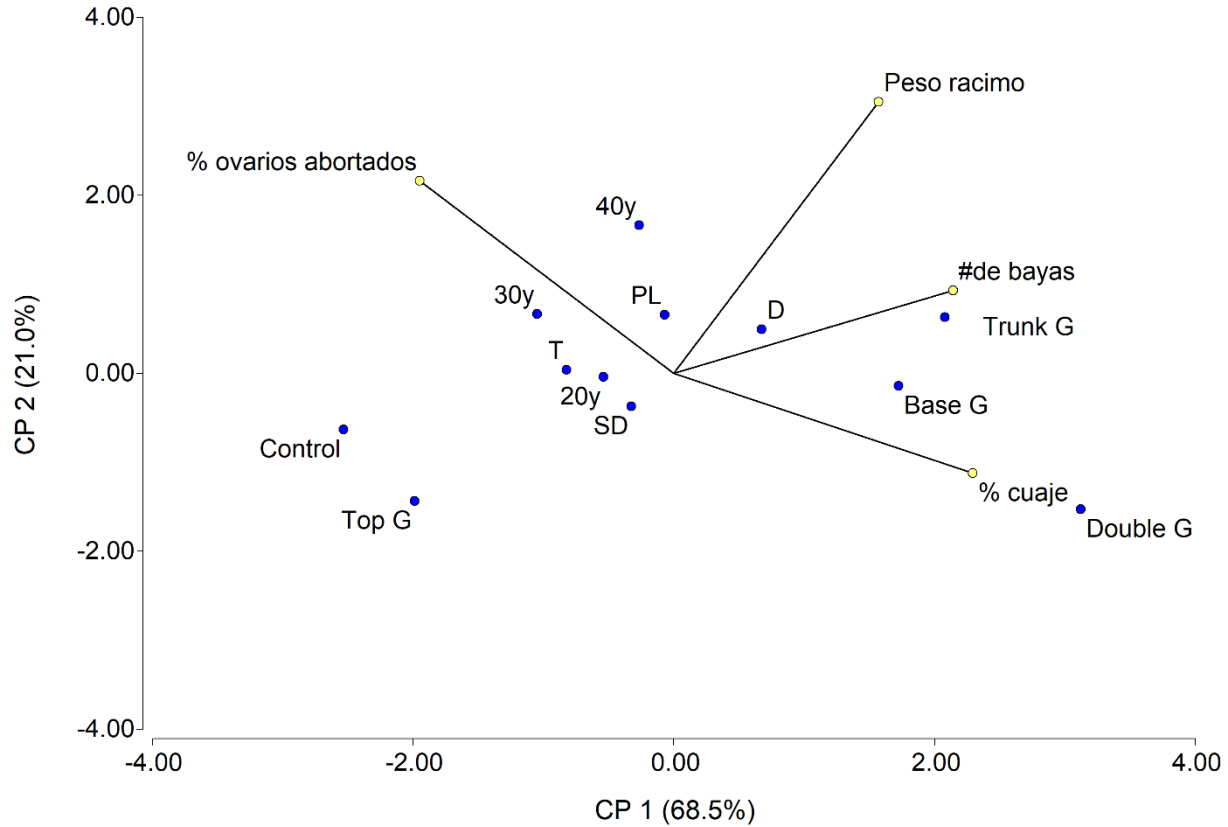


Figura 28. Gráfico *biplot* del análisis multivariado de componentes principales (ACP), utilizando como criterio de clasificación a todos los tratamientos de los ensayos realizados, sobre algunas variables determinantes del corrimiento. Control (brotes sin anillar), Top G (anillado arriba), Base G (anillado en la base), Double G (doble anillado), D (despuntado), SD (sin despuntar), Trunk G (anillado de tronco), T (tronco sin anillar), PL (poda larga), 20y (poda corta 20 yemas), 30y (poda corta 30 yemas), 40y (poda corta 40 yemas).

Complementariamente, para visualizar el efecto de los tratamientos y la situación del control en la magnitud de las variables asociadas al corrimiento, se elaboró la Tabla 15 con los valores promedio registrados en los distintos ensayos. Un primer análisis de los datos permite afirmar que existe una gran variabilidad entre las plantas y entre las temporadas evaluadas, reflejada en los diferentes valores que presentaron los controles. Esto es común en ensayos realizados a campo, donde no se tiene control de todas las variables presentes. Se observa claramente un efecto año que se manifiesta en el peso del racimo de los controles, que varió desde 40 g a 95 g en las cinco temporadas evaluadas. Por otro lado, hay otras variables como el porcentaje de aborto de ovarios, que se mantuvieron más estables independientemente

de las condiciones de la temporada. Para la mayoría de los controles, el porcentaje de aborto fue del alrededor de 50%. El porcentaje de cuaje de los controles varió de 20% a 40%, por lo que podría categorizarse como medio a bajo. Sin embargo, más allá de esa variación, se observa que los tratamientos de anillado en la base y anillado de tronco resultan los más efectivos en el aumento del cuaje y el número de bayas por racimo. A su vez, durante las 5 temporadas evaluadas en el presente trabajo, se registraron diferencias meteorológicas que produjeron efectos estacionales significativos, sin embargo, la respuesta al anillado fue consistente.

Tabla 15. Variables asociadas al corrimiento de racimos de Malbec para los siguientes tratamientos y sus respectivos controles: Anillado en la base de los brotes 2017 y 2018, Anillado de tronco 2020, Despunte de brotes 2018, Poda corta a 40 yemas 2020 y 2021.

	Porcentaje de cuaje	N° de bayas por racimo	Peso del racimo	Porcentaje de ovarios abortados
Anillado en la base	60.0	60.0	65.0	23.3
Control	20.0	26.5	40.0	50.2
Anillado de tronco	55.1	56.2	87.8	29.3
Control	34.0	35.7	50.4	51.0
Despunte de brotes	39.7	52.1	66.5	27.8
Control	40.1	39.9	56.8	36.3
Poda corta 40 yemas	23.3	35.4	50.9	89.3
Control	35.0	53.6	95.1	55.7

Los valores son las medias de los tratamientos y testigos para los años considerados.

Los resultados presentados muestran que fue posible alterar el flujo y la partición de CH mediante el anillado, la riqueza de poda y el despunte de brotes. Al evaluar los distintos tratamientos se demostró que el anillado en la base de los brotes y el anillado de troncos fueron los tratamientos que más contribuyeron a disminuir el problema de corrimiento del cv. Malbec. El aumento en el suministro de carbohidratos disponibles para las inflorescencias durante la floración fue capaz de aumentar su débil fuerza como destino en relación con los órganos perennes de la planta. Contrariamente a lo que dice gran parte de la bibliografía, la exclusión del ápice y hojas jóvenes del pámpano en floración no resultaron eficaces para mejorar el porcentaje de cuaje y el aborto de frutos, indicando que los órganos de reserva resultan fuertes sumideros de CH en este periodo. A su vez, el incremento de la riqueza de poda con el fin de mejorar el equilibrio vegetativo/reproductivo de la planta, ocasionó un mayor desequilibrio y agravó el cuaje y la necrosis de inflorescencias, no contribuyendo al aumento en la productividad esperado. En este punto el tratamiento de anillado de tronco sí resultó efectivo en lograr un mayor equilibrio, con valores de IR de 5.25 y AF/rendimiento de 16.16 cm²/g. Las plantas de este tratamiento produjeron 2,83 kg con una riqueza de poda de 16 yemas por planta, mientras que las plantas del tratamiento de 40 yemas produjeron 2,15 kg.

4.2. Conclusión

Son pocos los estudios que han abordado el problema del corrimiento del cv. Malbec a nivel local, y ninguno lo ha hecho a través de un dispositivo experimental a campo que abarque distintas prácticas de manejo de cultivo durante temporadas sucesivas. Durante 4 temporadas consecutivas, se demostró que el anillado permitió modificar el flujo de CH dentro del sarmiento y de la planta y la partición del carbono entre los distintos órganos sumideros. Cuando se aísla el sarmiento completo de los órganos de reserva, como ocurre en los pámpanos anillados en la base, se favorece la partición del carbono hacia los racimos, aumentando el número y el peso de las bayas, sin afectar la calidad. El mayor número de bayas pequeñas retenidas en el racimo y el menor desarrollo de las feminelas indican que la interrupción del floema puede afectar no sólo al flujo de carbohidratos, sino también al movimiento natural de fitohormonas y otros metabolitos.

A su vez, un despunte de brotes en floración y el incremento en la riqueza de poda no contribuyeron en la disminución del corrimiento. Dichos resultados nos permitieron hipotetizar que existe una fuerte demanda

de carbohidratos durante el período de floración/cuaje y crecimiento de los frutos, por parte de los órganos de reserva de las plantas. Estos resultados son importantes para el medio vitícola, ya que permiten repensar y corregir prácticas de manejo que no resultan efectivas en todos los casos para solucionar el problema de corrimiento.

Cuando se aplicó el anillado de tronco, pudimos confirmar nuestra hipótesis, ya que los fuertes incrementos en los componentes del rendimiento y los efectos positivos en la mejora del cuaje y la productividad se replicaron a nivel de planta entera. Sin embargo, es interesante observar algunas diferencias entre los dos ensayos de anillado. Si consideramos el incremento porcentual del número de bayas, se observa que en el anillado de brotes se produjo un aumento del 124% frente al 57% del registrado en el anillado de Tronco. Esta diferencia, más del doble, no se trasladó luego al peso del racimo en la cosecha, que mostró un incremento del 68% para anillado en la base de los brotes y del 74% para anillado de Tronco. Esto puede explicarse por la proporción de bayas grandes y pequeñas presentes en el racimo. Aunque ambos tratamientos mostraron un marcado incremento en la proporción de bayas pequeñas y su correspondiente peso fresco, el anillado de Tronco produjo a su vez un incremento del 38% en el peso fresco de las bayas normales.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados permiten concluir que cuando se excluyeron los órganos de reserva como sumideros fue posible revertir el corrimiento y aumentar los rendimientos independientemente de las condiciones climáticas de la temporada, mientras que cuando se eliminó la porción apical del pámpano no se observó ninguna mejora. Las plantas del viñedo evaluado, cuyo material vegetal proviene de una selección masal de Malbec y un portainjerto con un gran desarrollo del sistema radicular (1103 Paulsen), resultan susceptibles al corrimiento de racimos debido principalmente a dichos factores.

4.3. Comprobación de hipótesis

- 2.4.4.** Un anillado en la base de los pámpanos en floración interrumpe el flujo de carbohidratos hacia los órganos de reserva aumentando su disponibilidad hacia las inflorescencias y racimos, lo que incrementa el porcentaje de cuaje y el peso del racimo. *Se acepta.*
- 2.4.5.** El anillado de brotes herbáceos aumenta la fertilidad de las yemas por arriba de la incisión. *Se acepta.*

- 2.4.6.** Un anillado por arriba de los racimos excluye a la porción apical del brote como sumidero de carbohidratos y produce una mejora de los componentes asociados al rendimiento de racimos. *Se rechaza.*
- 2.4.7.** El anillado de troncos en floración produce un aumento en la fertilidad total de la planta y en su productividad por una mayor disponibilidad de carbohidratos en la canopia. *Se acepta.*
- 2.4.8.** Tanto el anillado de brotes como el de tronco producen cambios en la síntesis y en la concentración de metabolitos primarios y secundarios de la baya. *Se acepta en parte.*
- 2.4.9.** Un despunte de brotes en floración incrementa el porcentaje de cuaje y el número de bayas por racimo al disminuir la demanda de carbohidratos que ejercen los ápices en crecimiento. *Se rechaza.*
- 2.4.10.** Un incremento en la riqueza de poda permite modificar la partición de carbohidratos entre los distintos órganos de la planta y mejorar el equilibrio vegetativo/reproductivo. *Se rechaza.*
- 2.4.11.** Un incremento en la riqueza de poda permite controlar el vigor de los brotes disminuyendo el corrimiento de racimos y aumentando la productividad de la planta. *Se rechaza.*
- 2.4.12.** La poda larga aumenta el rendimiento por planta por un incremento en el índice de fertilidad de los sarmientos. *Se rechaza.*

4.4. Perspectivas

A raíz del desarrollo del proyecto y las conclusiones alcanzadas, se han generado nuevas hipótesis y líneas de trabajo que considero sería interesante profundizar.

- ✓ Medir el crecimiento de raíces durante el ciclo mediante rizotrones.
- ✓ Determinar los azúcares solubles en el tronco y las raíces.
- ✓ Replicar el ensayo en maceta y medir nuevamente biomasa total y por órgano, incluyendo el sistema radicular.
- ✓ Evaluar el papel de los reguladores de crecimiento como las giberelinas en la regulación del cuaje y el corrimiento.
- ✓ Establecer un ensayo para evaluar la influencia del material vegetal (injerto-portainjerto) en los componentes del rendimiento y el comportamiento de la planta.
- ✓ Realizar un análisis nutricional en distintos estadios fenológicos para evaluar su aporte a la problemática en estudio.
- ✓ Evaluar la eficiencia fotosintética en distintos estadios fenológicos.

En el caso del establecimiento de un ensayo para evaluar la influencia del material, en el año 2018, mediante un proyecto de colaboración Empresa-Universidad, se implantó una parcela en el predio de la FCA con el objetivo de analizar la incidencia del injerto (Malbec de la parcela estudiada vs. Malbec clonal comercial) y del portainjerto (Franco, 1103 P, 101-14) en el corrimiento y la productividad de las plantas. En la temporada 2021-2022 se realizaron mediciones exploratorias, y en la temporada 2022-2023 se comenzó con la medición y análisis de las variables de interés.

Referencias bibliográficas

Alleweldt, G., and Ilter, E. (1969). Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Blütenbildung und Triebwachstum bei Reben. *Vitis* 8:286-313.

Bangerth, F. (2000). Abscission and thinning of young fruit and their regulation by plant hormones and bioregulators. *Plant Growth Regulation*, 31(1), 43-59. 2000. 31:43-59. <https://doi.org/10.1023/a:1006398513703>

Baroni, A., Fernández, M. C., Gil, F., Vanin, M., Vera, M. R., & Alberto, M. (2007). Evaluación del comportamiento agronómico de *Vitis vinifera* variedad Malbec en Mendoza. Argentina en las campañas 2004/05 y 2005/06. *Enólogos*, (49), 40-44.

Basile, T., Alba, V., Gentile, G., Savino, M., & Tarricone, L. (2018). Anthocyanins pattern variation in relation to thinning and girdling in commercial Sugerthirteen® table grape. *Scientia horticultrae*, 227, 202-206. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.045>

Bates, T. R., Dunst, R. M., & Joy, P. (2002). Seasonal dry matter, starch, and nutrient distribution in 'Concord' grapevine roots. *HortScience*, 37(2), 313-316. <https://doi.org/10.21273/hortsci.37.2.313>

Bennett, J., Jarvis, P., Creasy, G.L. y Trought, M.C.T. (2005). Influence of defoliation on overwintering carbohydrate reserves, return bloom, and yield of mature Chardonnay grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*. 56:386-393.

Berli, F. J., Alonso, R., Bressan-Smith, R., & Bottini, R. (2013). UV-B impairs growth and gas exchange in grapevines grown in high altitude. *Physiologia Plantarum*, 149(1), 127-140. <https://doi.org/10.1111/ppl.12012>

Berli, F. J., M. Fanzone, P. Piccoli and R. Bottini (2011). Solar UV-B and ABA are involved in phenol metabolism of *vitis vinifera* L. Increasing biosynthesis of berry skin polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(9): 4874-4884.

Berli, F., D'Angelo, J., Cavagnaro, B., Bottini, R., Wuilloud, R., & Silva, M. F. (2008). Phenolic composition in grape (*Vitis vinifera* L. cv. Malbec) ripened with different solar UV-B radiation levels by capillary zone electrophoresis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(9), 2892-2898. <https://doi.org/10.1021/jf073421+>

Bessis, R. (1993). "La maîtrise des rendements." *Revue Des Oenologues* 19: 7-10.

Bessis, R., N. Charpentier, C. Hilt and J. C. Fournioux (2000). Grapevine fruit set: Physiology of the abscission zone. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6(2): 125-130.

Biondolillo, A., Arancibia, C., Catania, C., Cirrincione, M., Cortez, M., Doldi, L., ... & Norberto, R. (2014). Clonal selection of *vitis vinifera* cv. malbec: Confluence of science and nature. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 3, p. 01014). EDP Sciences.

Borghezán, M., Gavioli, O., Vieira, H. J., & Silva, A. L. D. (2012). Shoot growth of Merlot and Cabernet Sauvignon grapevine varieties. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47, 200-207.

- Boss, P.K., & Thomas, M.R. (2002). Association of dwarfism and floral induction with a grape 'green revolution' mutation. *Nature* 416:847-850.
- Botti, C., & Sandoval, E. (1990). Inflorescence bud induction in *Vitis vinifera* L. cv. Thompson Seedless: cytohistological events and starch accumulation in the shoot apex. *Vitis*, 29(3), 123-131.
- Bravdo, B., Hepner, Y., Loinger, C., Cohen, S., & Tabacman, H. (1985). Effect of crop level and crop load on growth, yield, must and wine composition, and quality of Cabernet Sauvignon. *American journal of enology and viticulture*, 36(2), 125-131.
- Briones, F. (2007). Los inmigrantes franceses y la vitivinicultura en Chile. *Universum*, 22(1): 126-137.
- Brown, K., Jackson, D. I., & Steans, G. F. (1988). Effects of chlormequat, girdling, and tipping on berry set in *Vitis vinifera* L. *American journal of enology and viticulture*, 39(1), 91-94.
- Buttrose, M.S. (1970). Fruitfulness in grapevines: the response of different cultivars to light, temperature and day length. *Vitis* 9:121-125.
- Buttrose, M.S. (1974). Climatic factors and fruitfulness in grapevines. *Hortic. Abstr.* 44:319-326.
- Candolfi, M. C., & Koblet, W. (1990). Yield, fruit quality, bud fertility and starch reserves of the wood as a function of leaf removal in *Vitis vinifera*-Evidence of compensation and stress recovering. *Vitis*, 29, 199-221.
- Candolfi-Vasconcelos, M. C., Candolfi, M. P., & Koblet, W. (1994). Retranslocation of carbon reserves from the woody storage tissues into the fruit as a response to defoliation stress during the ripening period in *Vitis vinifera* L. *Planta*, 192(4), 567-573. <https://doi.org/10.1007/bf00203595>
- Carbonneau, A., A. Deloire and B. Jaillard (2007). *La vigne: physiologie, terroir, culture*, Dunod.
- Carmona, M.J., J. Chaib, J.M. Martinez-Zapater, and M.R. Thomas. (2008). A molecular genetic perspective of reproductive development in grapevine. *J. Exp. Bot.* 59:2579.
- Cartechini, A., & Palliotti, A. (1995). Effect of shading on vine morphology and productivity and leaf gas exchange characteristics in grapevines in the field. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46(2), 227-234.
- Carrillo, N., Piccoli, P., Bottini, R., Rodríguez, J., & Berli, F. (2020). Girdling of shoots at flowering reduces shatter in grapevine cv. Malbec. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 26(2), 102-109. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12423>
- Cartechini, A. and A. Palliotti (1995). Effect of shading on vine morphology and productivity and leaf gas exchange characteristics in grapevines in the field. *American Journal of Enology and Viticulture* 46(2): 227-234.
- Caspari, H. W., Lang, A., & Alspach, P. (1998). Effects of girdling and leaf removal on fruit set and vegetative growth in grape. *American Journal of Enology and Viticulture*, 49(4), 359-366.
- Champagnol, F. (1984). Elements of the physiology of the vine and of general viticulture. *Elements of the physiology of the vine and of general viticulture*.

Chapin III, F. S., Schulze, E. D., & Mooney, H. A. (1990). The ecology and economics of storage in plants. Annual review of ecology and systematics, 423-447. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.21.110190.002231>

Clingeffer, P. R. (1989). Effect of varying node number per bearer on yield and juice composition of Cabernet Sauvignon grapevines. Australian Journal of Experimental Agriculture, 29(5), 701-705.

Clingeffer, P. R., Martin, S. R., Dunn, G. M., & Krstic, M. P. (2001). Crop development, crop estimation and crop control to secure quality and production of major wine grape varieties: a national approach: final report to Grape and Wine Research & Development Corporation. Edited by Steve Martin and Gregory Dunn.

Collins, C. & Dry, P. R. (2009). Response of fruitset and other yield components to shoot topping and 2-chlorethyltrimethyl-ammonium chloride application. Australian Journal of Grape and Wine Research 15(3): 256-267.

Contingencias Climáticas Mendoza.

https://contingencias.mendoza.gov.ar/web1/agrometeorologia/pdf/centro/tempvit_2019-2020_c.pdf

Coombe, B. G. (1959). Fruit set and development in seeded grape varieties as affected by defoliation, topping, girdling, and other treatments. American journal of enology and viticulture, 10(2), 85-100.

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), 104-110. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00086.x>

Coombe, B. G. and Dry, P. R. (2001). In Tassie, E., Freeman, B. M., Coombe, B. G., & Dry, P. R. Viticulture. Practices, Winetitles, Adelaide, Australia, 2, 66-84.

Crupi, P., Antonacci, D., Savino, M., Genghi, R., Perniola, R., & Coletta, A. (2016). Girdling and gibberellic acid effects on yield and quality of a seedless red table grape for saving irrigation water supply. European Journal of Agronomy, 80, 21-31. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.06.015>

Dokoozlian, N., Luvisi, D., Moriyama, M., & Schrader, P. (1995). Cultural practices improve color, size of 'Crimson Seedless'. California Agriculture, 49(2), 36-40. <https://doi.org/10.3733/ca.v049n02p36>

Dry, P. R. (2000). Canopy management for fruitfulness. Australian Journal of Grape and Wine Research, 6(2), 109-115.

Dry, P. R., M. L. Longbottom, S. McLoughlin, T. E. Johnson and C. Collins (2010). Classification of reproductive performance of ten winegrape varieties. Australian Journal of Grape and Wine Research 16(s1): 47-55.

Dunn, G. M. and S. R. Martin (2007). A functional association in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon between the extent of primary branching and the number of flowers formed per inflorescence. Australian Journal of Grape and Wine Research 13(2): 95-100.

Edson, C. E., Howell, G. S., & Flore, J. A. (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. American Journal of Enology and Viticulture, 44(2), 139-147.

- Edson, C. E., Howell, G. S., & Flore, J. A. (1995). 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. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46(4), 478-485.
- Eissenstat, D. M., Bauerle, T. L., Comas, L. H., Lakso, A. N., Neilsen, D., Neilsen, G. H., & Smart, D. R. (2005, January). Seasonal patterns of root growth in relation to shoot phenology in grape and apple. In *V International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Plants* 721 (pp. 21-26). <https://doi.org/10.17660/actahortic.2006.721.1>
- Elsabagh, A. S. (2010). Effect of girdling, strapping and ethephon spraying on fruit quality of (*Vitis vinifera*) cv. Alphonso Lavalle. *J. Agric. & Env. Sci. Dam. Univ*, 9(3), 1-25.
- Eltom, M., Trought, M. C. T. y Winefield, C. S. (2014). The effect of pre-budbreak cane girdling on the physical and phenological development on the inner and outer arm in *Vitis vinifera* L. ‘Sauvignon Blanc’ inflorescence structures. *Vitis* 53 (1):21-28. <https://doi.org/10.1071/fp12278>
- Eltom, M., Winefield, C. S. y Trought, M. C. T. (2015). Effects of shoot girdling and/or periodic leaf removal on inflorescence primordia initiation and development in *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 21:118-122. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12113>
- Fanzone, M., Peña-Neira, A., Jofré, V., Assof, M., & Zamora, F. (2010). Phenolic characterization of Malbec wines from Mendoza province (Argentina). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(4), 2388-2397. <https://doi.org/10.1021/jf903690v>
- Fawzi, M. I. F., Hagagg, L. F., Shahin, M. F. M., & El-Hady, E. S. (2019). Effect of hand thinning, girdling and boron spraying application on, vegetative growth, fruit quality and quantity of Thompson seedless grapevines. *Middle East J. of Agri. Res*, 8(2), 506-513.
- Ferrara, G., A. Mazzeo, G. Netti, C. Pacucci, A. M. S. Matarrese, I. Cafagna, P. Mastrorilli, M. Vezzoso and V. Gallo (2014). Girdling, gibberellic acid, and forchlorfenuron: Effects on yield, quality, and metabolic profile of table grape cv. Italia. *American Journal of Enology and Viticulture* 65(3): 381-387.
- Galet, P. (2020). *General Viticulture*. (J. Towey, Trans.) Chaintreé, France. Oenoplurimédia.
- Génard, M., Dautat, J., Franck, N., Lescourret, F., Moitrier, N., Vaast, P., & Vercambre, G. (2008). Carbon allocation in fruit trees: from theory to modelling. *Trees*, 22(3), 269-282. <https://doi.org/10.1007/s00468-007-0176-5>
- Glad, C., J. Regnard and Y. Querou (1992). Phloem sap exudates as a criterion for sink strength. *Vitis* 31: 131-138.
- Guerra, B. (2006) Tipping Malbec shoots to improve set and yield. *Practical Winery and Vineyard* January/February, 47-53.
- Gerrath, J.M. (1993). Developmental morphology and anatomy of grape flowers. *Hortic. Rev* 13:315-337.
- Hale, C. and R. Weaver (1962). The effect of developmental stage on direction of translocation of photosynthate in *Vitis vinifera*. *Hilgardia* 33(3): 89-131.

- Hansen, J., & Møller, I. B. (1975). Percolation of starch and soluble carbohydrates from plant tissue for quantitative determination with anthrone. *Analytical biochemistry*, 68(1), 87-94. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(75\)90682-x](https://doi.org/10.1016/0003-2697(75)90682-x)
- Harrell, D. C. and L. E. Williams (1987). Net CO₂ assimilation rate of grapevine leaves in response to trunk girdling and gibberellic acid application. *Plant physiology* 83(3): 457-459.
- Hermans, C., Hammond, J. P., White, P. J., & Verbruggen, N. (2006). How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? *Trends in plant science*, 11(12), 610-617.
- Howell, G. S., Miller, D. P., Edson, C. E., & Striegler, R. K. (1991). Influence of training system and pruning severity on yield, vine size, and fruit composition of Vignoles grapevines. *American journal of enology and viticulture*, 42(3), 191-198.
- Howell, G. S. (2001). Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(3), 165-174.
- Hunter, J. and J. Visser (1988). Distribution of 14C-photosynthate in the shoot of vitis vinifera L. cv cabernet sauvignon I. the effect of leaf position and developmental stage of the vine. *South African Journal of Enology and Viticulture* 9(1): 3-9.
- Hunter, J. J., & Ruffner, H. P. (2001). Assimilate transport in grapevines-effect of phloem disruption. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 7(3), 118-126. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2001.tb00198.x>
- Instituto Nacional de Vitivinicultura, (INV). (2021). Informes de variedades: Malbec. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/10/malbec_2021_final.pdf
- Instituto Nacional de Vitivinicultura, INV. (2017). Registro de superficies y viñedos, Instituto Nacional de Vitivinicultura.
- Keller, M. & Koblet, W. (1994). "Is carbon starvation rather than excessive nitrogen supply the cause of inflorescence necrosis in Vitis vinifera L." *Vitis* 33(2): 8.
- Keller, M., Kummer, M., & Vasconcelos, M. C. (2001). "Reproductive growth of grapevines in response to nitrogen supply and rootstock." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 7(1): 12-18.
- Keller, M., Tarara, J. M., & Mills, L. J. (2010). Spring temperatures alter reproductive development in grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16(3), 445-454. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2010.00105.x>
- Keller, M. (2020). *The science of grapevines*. Academic press.
- Kliwer, 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), 170-181.
- Koblet, W. (1969). Translocation of photosynthate in vine shoots and influence of leaf area on quantity and quality of the grapes. *Wein-Wiss*, 24, 277-319.
- Koblet, W., & Perret, P. (1972). Wanderung von Assimilaten innerhalb der Rebe. *Wein-Wiss*, 27, 146-154.

- Kriedemann, P. & Lenz, F. (1972). The response of vine leaf photosynthesis to shoot tip excision and stem cincturing. *Vitis* 11: 193-197.
- Quinlan, J. D., & Weaver, R. J. (1970). Modification of pattern of photosynthate movement within and between shoots of *Vitis vinifera* L. *Plant physiology*, 46(4), 527-530.
- Kühn, N., Serrano, A., Abello, C., Arce, A., Espinoza, C., Gouthu, S., ... & Arce-Johnson, P. (2016). Regulation of polar auxin transport in grapevine fruitlets (*Vitis vinifera* L.) and the proposed role of auxin homeostasis during fruit abscission. *BMC plant biology*, 16(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0914-1>
- Lang, A. and M. Thorpe (1989). "Xylem, phloem and transpiration flows in a grape: application of a technique for measuring the volume of attached fruits to high resolution using Archimedes' principle." *Journal of Experimental Botany* 40(10): 1069-1078.
- Lavee, S., Melamud, H., Ziv, M. & Bernstein, Z. (1981). Necrosis in grapevine buds (*Vitis vinifera* cv. Queen of-Vineyard) I. Relation to vegetative vigor. *Vitis* 20:8-14.
- Lebon, G., G. Wojnarowicz, B. Holzapfel, F. Fontaine, N. Vaillant-Gaveau and C. Clément (2008). "Sugars and flowering in the grapevine (*Vitis vinifera* L.)." *Journal of experimental botany* 59(10): 2565-2578.
- Lee, S. H., Lee, J. W., Kim, H. J., Kim, Y. H., Lee, K. Y., Shin, U. D., & Kim, H. H. (2010). Effect of Girdling on the Fruit Quality and Harvest Date of the 'Shigyoku' Grapes. *Korean Journal of Plant Resources*, 23(3), 228-232.
- Loescher, W. H., McCamant, T., & Keller, J. D. (1990). Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. *Hort. Science*, 25(3), 274-281. <https://doi.org/10.21273/hortsci.25.3.274>
- López, R., R. Brossa, L. Gil and P. Pita (2015). Stem girdling evidence a trade-off between cambial activity and sprouting and dramatically reduces plant transpiration due to feedback inhibition of photosynthesis and hormone signaling. *Frontiers in plant science* 6: 285-285.
- Marfil, C., Ibañez, V., Alonso, R., Varela, A., Bottini, R., Masuelli, R., Fontana, A., Berli, F. (2019). Changes in grapevine DNA methylation and polyphenols content induced by solar ultraviolet-B radiation, water deficit and abscisic acid spray treatments. *Plant Physiol. Biochem.* 135, 287-94. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.12.021>
- Mason, M. G., Ross, J. J., Babst, B. A., Wienclaw, B. N., & Beveridge, C. A. (2014). Sugar demand, not auxin, is the initial regulator of apical dominance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(16), 6092-6097. <https://doi.org/10.1073/pnas.1322045111>
- [Matthews, M.A. & Anderson, M.M. \(1989\). Reproductive development in grape \(*Vitis vinifera* L.\): Responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.* 40:52-60.](#)
- May, P. (2004). Flowering and fruitset in grapevines, Phylloxera and Grape Industry Board of South Australia in association with Lythrum Press.
- May, P., & Antcliff, A.J. (1963). The effect of shading on fruitfulness and yield in the Sultana. *J. Hortic. Sci.* 38:84-94.

- Morrison, J.C. (1991). Bud development in *Vitis vinifera* L. *Bot. Gaz.* 152:304-315.
- Motomura, Y. (1990). Distribution of ¹⁴C-assimilates from individual leaves on clusters in grape shoots. *American journal of enology and viticulture*, 41(4), 306-312.
- Motomura, Y. (1993). ¹⁴C-Assimilate partitioning in grapevine shoots: effects of shoot pinching, girdling of shoot, and leaf-halving on assimilates partitioning from leaves into clusters. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44(1), 1-7.
- Mullins, M. G., Bouquet, A., & Williams, L. E. (1992). *Biology of the grapevine*. Cambridge University Press.
- Murakami, P., P. Schaberg and J. Shane (2008). "Stem girdling manipulates leaf sugar concentrations and anthocyanin expression in sugar maple trees during autumn." *Tree physiology* 28(10): 1467-1473.
- Navarro, M. (1967). Contribution to the study of the history of the Argentinian viticulture.
- Organización Internacional de la Vid y el Vino, OIV. (2019).
<https://www.oiv.int/es/statistiques/recherche?year=2019&countryCode=oiv>
- Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A., & Deloire, A. (2002). Influence of pre-and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *American journal of Enology and Viticulture*, 53(4), 261-267.
- Ojeda, H.; Scarsi, H.; Rodríguez, J.; Catania, C.; del Monte, R. & del Monte, S.A. (2001). Selección clonal del Malbec en Argentina. *Idia XXI* 1(1), 47-52.
- Pattison, R.J., Csukasi, F., Catalá, C. (2014). Mechanisms regulating auxin action during fruit development. *Physiol Plantarum* 151:62–72
- Perez, J. & Kliewer, W.M. (1990). Effect of shading on bud necrosis and bud fruitfulness of Thompson Seedless grapevines. *Amer. J. Enol. Viticult.* 41:168-175
- Petrie, P. R., Trought, M. C. T., & Howell, G. S. (2000a). Influence of leaf ageing, leaf area and crop load on photosynthesis, stomatal conductance and senescence of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir) leaves. *Vitis*, 39(1), 31-36. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00160.x>
- Petrie, P. R., Trought, M. C. T., & Howell, G. S. (2000b). Growth and dry matter partitioning of Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) in relation to leaf area and crop load. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(1), 40-45. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00160.x>
- Petrie, P. R., Trought, M. C. T., & Howell, G. S. (2000c). Fruit composition and ripening of Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) in relation to leaf area. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(1), 46-51. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00161.x>
- Poni, S., C. Intriери and O. Silvestroni (1994). Interactions of leaf age, fruiting, and exogenous cytokinins in Sangiovese grapevines under non-irrigated conditions. I. Gas exchange. *American journal of enology and viticulture* 45(1): 71-78.
- Pratt, C. (1971). Reproductive anatomy in cultivated grapes—A review. *Am. J. Enol. Vitic.* 22:92-109.

- Pratt, C. (1974). Vegetative anatomy of cultivated grapes—A review. *Am. J. Enol. Vitic.* 25:131-150.
- Ravaz, M.L. (1911). L'effeuillage de la vigne. *Annales d L'Ecole Nationale d'agriculture de Montpellier.* 11:216-244.
- Reimers, H., Steinberg, B., Kiefer, W. (1994). Ergebnisse von Wurzeluntersuchungen an Reben bei offenem und begrüntem Boden. *Wein-Wissenschaft.* 49 (4) 136-145.
- Reynolds, A. G. & de Savigny, C. (2004). Influence of girdling and gibberellic acid on yield components, fruit Composition, and vestigial seed formation of Sovereign Coronation table grapes. *HortScience* 39(3): 541-544.
- Rodríguez, J., Matus, S., Catania, C., Avagnina de Del Monte, S. (1999a). El Malbec, cepaje emblemático de los vinos tintos argentinos. *Vinífera Año IV N° Extraordinario.* 61–64.
- Rodríguez J., Matus S., Catania C., Avagnina S. (1999b). Caracterización ampelográfica de la Variedad Malbec cultivada en Mendoza (Argentina), según el método de la O.I.V. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo.* vol.31 n°2.
- Roper, T. and Williams, L. (1989). Net CO₂ assimilation and carbohydrate partitioning of grapevine leaves in response to trunk girdling and gibberellic acid application. *Plant Physiology.* 89(4) 1136-1140. <https://doi.org/10.1104/pp.89.4.1136>
- Ruan, Y. L., Patrick, J. W., Bouzayen, M., Osorio, S., & Fernie, A. R. (2012). Molecular regulation of seed and fruit set. *Trends in plant science,* 17(11), 656-665.
- Sánchez, L.A., & Dokoozlian, N.K. (2005). Bud microclimate and fruitfulness in *Vitis vinifera* L. *Am. J. Enol. Vitic.* 56:319-329.
- Shaulis, N. J., Amberg, H., & Crowe, D. (1966). Response of Concord grapes to light, exposure and Geneva double curtain training. In *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci* (Vol. 89, pp. 268-280).
- Skene, K. G. M. (1969). A comparison of the effects of cycocel and tipping on fruit set in *Vitis vinifera* L. *Australian Journal of Biological Sciences,* 22(6), 1305-1312.
- Schultz, H. R., & Stoll, M. (2010). Some critical issues in environmental physiology of grapevines: future challenges and current limitations. *Australian Journal of Grape and Wine Research,* 16, 4-24.
- Smart, R.E., Shaulis, N.J., & Lemon, E.R. (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.* 33:99-108.
- Smart, R., & Robinson, M. (1991). *Sunlight into wine: a handbook for winegrape canopy management.* Winetitles.
- Soar, C. J., J. Speirs, S. M. Maffei and B. R. Loveys (2004). Gradients in stomatal conductance, xylem sap ABA and bulk leaf ABA along canes of *Vitis vinifera* cv. Shiraz: Molecular and physiological studies investigating their source. *Functional Plant Biology* 31(6): 659-669.

- Soltekin, O., Teker, T., Erdem, A., Kacar, E., Altindisli, A. (2015): Response of “Red Globe” (*Vitis vinifera* L.) to cane girdling. BIO Web of Conferences 5: (01019) <https://doi.org/10.1051/bioconf/20150501019>
- Sommer, K.J., Islam, M.T., & Clingeleffer, P.R. (2000). Light and temperature effects on shoot fruitfulness in *Vitis vinifera* L. cv. Sultana: Influence of trellis type and grafting. *Aust. J. Grape Wine Res.* 6:99-108.
- Srinivasan, C., & Mullins, M. G. (1981). Physiology of flowering in the grapevine—a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 32(1), 47-63.
- Swanepoel, J.J., & Archer, E. (1988). The ontogeny and development of *Vitis vinifera* L. cv. Chenin blanc inflorescence in relation to phenological stages. *Vitis* 27:133-141.
- Taiz, L. and E. Zeiger (2002). *Plant Physiology*. 3rd. Ed. Pub. Sinauer.
- Tassie, E., Freeman, B. M., Coombe, B. G., & Dry, P. R. (2001). *Viticulture. Practices, Winetitles*, Adelaide, Australia, 2, 66-84.
- Vasconcelos, M. C. and S. Castagnoli (2000). Leaf canopy structure and vine performance. *American Journal of Enology and Viticulture* 51(4): 390-396.
- Vasconcelos, M. C., Greven, M., Winefield, C. S., Trought, M. C., & Raw, V. (2009). The flowering process of *Vitis vinifera*: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(4), 411-434.
- Vasudevan, L., Wolf, T.K., Welbaum, G.G., & Wisniewski, M.E. (1998). Reductions in bud carbohydrates are associated with grapevine bud necrosis. *Vitis* 37:189-190.
- Weber E. (2003). Malbec. In: Bettiga, L. J. (Ed.), *Wine Grape Varieties in California*. Vol. 3419. UCANR Publications. 74-77.
- Weyand, K. M., & Schultz, H. R. (2006). Long-term dynamics of nitrogen and carbohydrate reserves in woody parts of minimally and severely pruned Riesling vines in a cool climate. *American journal of enology and viticulture*, 57(2), 172-182.
- Williams, L. E. & Ayars, J. E. (2005). Water use of Thompson Seedless grapevines as affected by the application of gibberellic acid (GA3) and trunk girdling – practices to increase berry size. *Agricultural and Forest Meteorology* 129(1-2): 85-94.
- Williams, L. E., Retzlaff, W. A., Yang, W., Biscay, P. J. & Ebisuda, N. (2000). Effect of girdling on leaf gas exchange, water status, and non-structural carbohydrates of field-grown *Vitis vinifera* L. (cv. Flame Seedless). *American journal of enology and viticulture* 51(1): 49-54.
- Williams, L.E. (1996). Grape. In: Zamski, E., Schaffer, A. (Eds.), *Photoassimilate Distribution in Plants and Crops. Source/Sink Relationships*. 1996. New York:Dekker. p. 851-881.
- Williams, L.E. & Matthews, M.A. (1990). Grapevine. In: Stewart, B.A. & Nielsen, D.R. (eds) *Irrigation of Agricultural Crops. Agronomy Monograph no 30. ASA-CSSA-SSSA, Madison*, pp 1019–1055
- Winkler, A. J., & Williams, W. O. (1938). Carbohydrate metabolism of *Vitis vinifera*: hemicellulose. *Plant Physiology*, 13(2), 381. <https://doi.org/10.1104/pp.13.2.381>

Winkler, A. J., & Williams, W. O. (1945). Starch and sugars of *Vitis vinifera*. *Plant physiology*, 20(3), 412.

<https://doi.org/10.1104/pp.20.3.412>

Winkler, A. J., Cook, J. A., Kliewer, W. M., & Lider, L. A. (1974). *General Viticulture*. Univ of California Press.

Woodward, A. W., & Bartel, B. (2005). Auxin: regulation, action, and interaction. *Annals of botany*, 95(5), 707-735. <https://doi.org/10.1093/aob/mci083>

Zabadal, T. J. (1992). "Response of Himrod grapevines to cane girdling." *HortScience* 27(9): 975-976.

Zapata, C., Deléens, E., Chaillou, S., & Magné, C. (2004a). Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of plant physiology*, 161(9), 1031-1040. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2003.11.009>

Zapata, C., Deléens, E., Chaillou, S., & Magné, C. (2004b). Mobilisation and distribution of starch and total N in two grapevine cultivars differing in their susceptibility to shedding. *Functional Plant Biology*, 31(11), 1127-1135. <https://doi.org/10.1071/fp04028>

Zuluaga, P. A., Julch, J. A. Zuluaga, E. M. (1959). Ensayos comparativos de rendimiento de variedades de *Vitis vinifera* sobre portainjertos americanos. Boletín técnico N°1. Instituto Provincial Agropecuario. Gob. de Mendoza. Min. de Economía, Obras Públicas y riego. 242 p.

Zulueta S. y Quini C. (2018). Variedad Malbec: el ave Fénix de la vitivinicultura argentina. 41st OIV Congress, Uruguay 2018.

Información Suplementaria



Figura S1. Imágenes tomadas luego del envero de brotes anillados en floración en 2019. Tratamientos: A) Base G y B) Top G .