

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE PRÁCTICAS DE MANEJO (PODA Y RALEO) EN EL
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA VARIEDAD ALBARIÑO**

(*Vitis vinifera* L.)

por

Micaela Pamela TREFOGLIO ROMANO

**Trabajo final de grado
presentado como uno de los
requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

MONTEVIDEO

URUGUAY

2025

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia
“Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial**”.



PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director:

Ing. Agr. (Dr.) Gerardo Echeverría

Tribunal:

Ing. Agr. (Dra.) Vivian Severino

Ing. Agr. (Mag.) Néstor Merino Bossi

Fecha:

16 de diciembre de 2025

Estudiante:

Micaela Pamela Trefoglio Romano

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi familia, por su acompañamiento incondicional a lo largo de toda la carrera. Su apoyo constante y el aliento en cada etapa fueron fundamentales para alcanzar este logro. De manera especial, agradezco a mi abuela, por creer siempre en mí y ser parte esencial de mi aprendizaje.

Expreso también mis agradecimientos a Gerardo Echeverría, por su confianza para llevar a cabo este trabajo, por sus aportes académicos y su acompañamiento constante. Asimismo, agradezco a Andrés Coniberti, al personal de INIA Las brujas y de la Escuela de Vitivinicultura, por su colaboración y disposición. Del mismo modo, agradezco a Romina García y Martín Pua por su contribución en la realización de este trabajo.

A Grupo Traversa, gracias por poner a disposición su predio y su personal para el desarrollo de las actividades experimentales.

Finalmente, agradezco a la Facultad de Agronomía y a los docentes que la integran por haber contribuido en mi formación profesional.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	3
AGRADECIMIENTOS	4
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. Características de la Viticultura en Uruguay.....	12
2.1.1. Producción de Albariño en Uruguay.....	12
2.2. Descripción de la variedad Albariño.....	13
2.2.1. Origen de la variedad.....	13
2.2.2. Características agronómicas	13
2.2.3. Características enológicas.....	14
2.3. Poda en vid.....	14
2.3.1. Definición general de poda	14
2.3.2. Objetivos de la poda	15
2.3.3. Fundamento de la poda.	15
2.3.4. Tipos de poda	15
2.3.5. Efecto de la intensidad de poda	16
2.4. Raleo	17
2.4.1. Definición y objetivos del raleo.....	17
2.4.2. Momento y métodos de raleo	17
2.4.3. Influencia en los componentes de rendimiento	18
2.4.4. Influencia en la composición de bayas	18
2.5. Indicadores y parámetros vegetativos	19
2.5.1. Equilibrio vegetativo reproductivo.....	19
2.5.2. Índice de Ravaz.....	20
2.5.3. Peso de madera de poda	20
2.5.4. Área foliar y desarrollo vegetativo	21
2.6. Composición de las bayas	21
2.6.1. Evolución de compuestos primarios	21
2.6.2. Acidez y pH.....	22

2.6.3. Sólidos solubles y alcohol probable.....	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1. Sitio de estudio.....	24
3.3. Diseño del experimental.....	26
3.4. Seguimiento de la maduración	28
3.4.1. Procedimiento de muestreo	28
3.4.2. Acidez titulable y pH	28
3.4.3. Sólidos solubles	28
3.5. Parámetros vegetativos y reproductivos.....	28
3.5.1. Fertilidad de yemas	28
3.5.2. Número de pámpanos por planta	28
3.5.3. Peso de poda	28
3.5.4. Área foliar.....	29
3.5.5. Peso de baya	29
3.6. Cosecha.....	30
3.6.1. Peso de cosecha	30
3.7. Índices de equilibrio	31
3.7.1. Índice de Ravaz.....	31
3.7.2. Relación fuente/fosa	31
3.8. Composición del mosto.	31
3.9. Análisis estadístico.	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. Componentes de rendimiento.....	32
4.1.1. Fertilidad de yemas	32
4.1.2. Seguimiento de peso de baya	32
4.1.3. Rendimiento: número y peso de racimos.....	33
4.2. Desarrollo vegetativo	36
4.2.1. Número de pámpanos, largo de pámpano y peso de poda	36
4.2.2. Área foliar.....	38
4.3. Índices de equilibrio	40
4.3.1. Índice de Ravaz y relación fuente/fosa.....	40
4.4. Composición de bayas: seguimiento de maduración	41
4.4.1. Evolución de sólidos solubles totales	41
4.4.2. Evolución de acidez titulable y pH.....	42
4.5. Composición del mosto	44

4.5.1. Contenido de azúcares y alcohol probable.....	44
4.5.2. Contenido de acidez total y pH	46
4.5.3. Contenido de ácido málico y tartárico.....	48
4.6. Comparación de componentes principales	50
5. CONCLUSIONES	51
6. BIBLIOGRAFÍA.....	52

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas Nro

Tabla 1 Componentes de rendimiento: rendimiento (kg/planta), peso de racimos (g) y racimos por planta.....	35
Tabla 2 Variables de crecimiento vegetativo.....	37
Tabla 3 Resultados de área foliar de hoja principal (hp) y feminelas (f)	39
Tabla 4 Índices de equilibrio	41
Tabla 5 Contenido de azúcares en el mosto.....	45
Tabla 6 Acidez y pH del mosto.....	47

Figuras Nro

Figura 1 Evolución de la superficie implantada de Albariño en Uruguay.	13
Figura 2 Ubicación del sitio de estudio.....	24
Figura 3 Distribución mensual (Setiembre 2024 - Marzo 2025) de temperatura media, precipitación y evapotranspiración.	25
Figura 4 Densidad de plantación y dimensiones del sistema de conducción.	26
Figura 5 Esquema representativo del diseño experimental	27
Figura 6 Fotografías de los tratamientos de poda	27
Figura 7 Medición de peso de poda	29
Figura 8 Cosecha de racimos.....	30
Figura 9 Fertilidad de yemas	32
Figura 10 Evolución de peso de baya	33
Figura 11 Racimos cosechados en cada tratamiento de poda (BC 0, BL 0 y UNI 0)...	34
Figura 12 Racimos en tamaño arveja.....	34
Figura 13 Aglomeración de racimos en cosecha	35
Figura 14 Relación entre el número de racimos por planta y el rendimiento (kg/planta)	36
Figura 15 Plantas en receso invernal año 2025	37
Figura 16 Relación entre el área de hoja principal y el largo de nervadura	39
Figura 17 Relación entre el área foliar de feminela por pámpano y la longitud del pámpano	39
Figura 18 Crecimiento vegetativo por tratamiento de poda	40
Figura 19 Seguimiento de maduración: contenido de sólidos solubles.	42
Figura 20 Seguimiento de maduración: acidez titulable	43
Figura 21 Seguimiento de maduración: pH.....	44
Figura 22 Composición del mosto: Sólidos solubles totales (°brix).....	45
Figura 23 Composición del mosto: Azúcares (g/L).....	46
Figura 24 Composición del mosto:acidez titulable.....	47
Figura 25 Composición del mosto: pH.	48
Figura 26 Composición del mosto:ácido málico	49
Figura 27 Composición del mosto:ácido tartárico	49
Figura 28 Análisis de componentes principales de las variables evaluadas.....	50

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de la poda invernal y el raleo en enero, en el desarrollo vegetativo, rendimiento y composición de bayas de la variedad Albariño (*Vitis vinífera* L.), en Uruguay. El interés de este trabajo surge de la importante expansión de la superficie implantada con Albariño en el país, durante la última década. Se trata de una variedad de vigor alto, caracterizada por entrenudos largos, lo que resulta un desafío al momento de definir el número de yemas a dejar durante la poda invernal. En este contexto, se evaluó la posibilidad de aumentar la carga de yemas por metro lineal de alambre, mediante el cruce de sarmientos de plantas aledañas (poda bilateral cruzada). Para completar el diseño del ensayo, se incorporaron tratamientos de poda bilateral (utilizada comúnmente en la viticultura nacional) y una poda unilateral. Asimismo, los tratamientos de poda se combinaron con raleo de racimos (50%) en enero, con el fin de evaluar la incidencia en el equilibrio vegetativo y calidad del mosto. Los resultados obtenidos demostraron que la intensidad de poda (diferencial entre tratamientos), tuvo efectos en el rendimiento, el desarrollo vegetativo de las plantas y en la composición de las bayas. El tratamiento de poda con mayor número de yemas (bilateral cruzado) presentó los mayores rendimientos, asociado a un mayor número de racimos por planta, aunque con menor peso individual de los mismos. En contraposición, las podas más severas (unilateral y bilateral), presentaron menores rendimientos, pero mayor peso de poda y área foliar por pámpano. El raleo de racimos redujo el rendimiento, pero favoreció el adelantamiento de madurez de las bayas, reflejado por un aumento en el contenido de sólidos solubles. En cuanto a la acidez, no se evidenció una influencia clara de la poda y ni del raleo. Asimismo, no se registraron diferencias significativas en el contenido de ácido málico y tartárico, posiblemente influenciado por las condiciones climáticas.

Palabras clave: poda invernal, raleo de racimos, Albariño, equilibrio vegetativo:reproductivo

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the influence of winter pruning and cluster thinning at veraison on vegetative development, yield, and berry composition of the Albariño (*Vitis vinifera* L.) variety in Uruguay. The interest in this study arises from the significant expansion of Albariño plantings in the country during the last decade. It is a high-vigor variety characterized by long internodes, which represents a challenge when defining the number of buds to leave during winter pruning. In this context, the possibility of increasing bud load per linear meter of wire was evaluated through the crossing of shoots from adjacent vines (cross bilateral pruning). To complete the experimental design, bilateral pruning treatments (commonly used in national viticulture) and unilateral pruning were included. Likewise, the pruning treatments were combined with cluster thinning (50%) at veraison, in order to evaluate the effect on vegetative balance and must quality. The results obtained demonstrated that pruning intensity (differential among treatments) had effects on yield, vegetative development of the vines, and berry composition. The pruning treatment with the highest number of buds (cross bilateral) presented the highest yields, associated with a greater number of clusters per vine, although with lower individual cluster weight. In contrast, the most severe prunings (unilateral and bilateral) showed lower yields, but greater pruning weight and leaf area per shoot. Cluster thinning reduced yield but favored earlier berry ripening, reflected by an increase in soluble solids content. Regarding acidity, no clear influence of pruning or thinning was observed. Likewise, no significant differences were recorded in malic and tartaric acid content, possibly influenced by climatic conditions.

Keywords: winter pruning, cluster thinning, Albariño, vegetative:reproductive balance

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la superficie plantada de viñedos se estima en 7,1 millones de hectáreas (International Organisation of Vine and Wine [OIV], 2024). Correspondiendo a un volumen de producción de 77,7 millones de toneladas de uva fresca en el último año. El 47% de la producción se destina a la elaboración de vino, mientras que el restante a uva de mesa (46%) y uva pasa (7%) (OIV, 2024).

En Uruguay, la especie *Vitis vinifera* se encuentra dentro de los frutales más producidos, representando 59,2% de la superficie de frutales de hoja caduca (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2024). Sin embargo, se evidencia un descenso en los últimos años, registrando 16% menos de superficie respecto a 2015 (Instituto Nacional de Vitivinicultura [INAVI], 2024). Actualmente son 5.857 hectáreas en producción, con cerca de 93.000 toneladas producidas en el último año (INAVI, 2024). El destino principal es la industria enológica, principalmente de uva tinta (78% de la producción total). Las variedades producidas son diversas, destacándose Tannat con el 26,5 % de la superficie en producción (INAVI, 2024).

En los últimos años, aumentó considerablemente la superficie de Albariño, variedad originaria de Galicia (España), utilizada en su totalidad en la industria vinícola. Por sus características agronómicas y enológicas favorables, logró ubicarse dentro de las 10 variedades más producidas en el país. Representando actualmente el 2,2% de la superficie de viñedos (INAVI, 2024).

El conocimiento disponible sobre el comportamiento agronómico y enológico de Albariño en la región aún es limitado. En particular, resulta de interés generar conocimiento acerca de la respuesta a diferentes prácticas de manejo, tales como poda y raleo de racimos. Actividades realizadas en el viñedo que influyen en el equilibrio vegetativo: reproductivo de la planta, siendo determinantes del rendimiento y calidad de bayas obtenido (Ferrer & González Neves, 2002; Greven et al., 2014).

En el contexto del presente trabajo, se plantea como objetivo general ampliar el conocimiento sobre el comportamiento agronómico de la variedad Albariño (*Vitis vinifera* L.), en respuesta a distintos tipos de poda guyot, en conjunto con la realización de raleo de racimos en enero, en Uruguay.

A partir de este objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el efecto de la poda en los componentes de rendimiento, composición de bayas y variables asociadas al desarrollo vegetativo (peso de poda y área foliar).
- Determinar la influencia del raleo en el rendimiento, desarrollo vegetativo y composición de bayas.
- Analizar el efecto conjunto de la poda y el raleo en el rendimiento, desarrollo vegetativo y composición de bayas.
- Evaluar el efecto conjunto e individual de la poda y el raleo en el equilibrio vegetativo: reproductivo de las plantas, a partir de parámetros fisiológicos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características de la Viticultura en Uruguay

Según datos de INAVI (2024), la superficie nacional destinada a viñedos se estima en 5.857 hectáreas, distribuidas en un total de 1.077 viñedos registrados. La producción se concentra mayoritariamente en la región sur del país, principalmente en los departamentos de Canelones (66,6% de la superficie total) y Montevideo (12%). Mientras que, en el este del país, el departamento de Maldonado representa el 7,2% de la superficie vitícola nacional.

En lo que respecta al tamaño de los establecimientos, el 69,4% de los viñedos se corresponden a superficies menores a 5 hectáreas. Le siguen aquellos de entre 5 y 20 hectáreas (26,9%) y en menor proporción los de 20 a 50 hectáreas (3%) (INAVI, 2024). Esta estructura productiva refleja una característica distintiva de la vitivinicultura uruguaya, en la que se destaca la producción familiar de pequeña escala. Otro aspecto a destacar es la baja renovación de los cuadros en producción, actualmente el 41,7% de la superficie de viñedos se corresponden a plantas de 21 a 30 años de edad. Mientras que las de 0 a 5 años se corresponden con el 8% de la superficie. Dentro de este último rango, las variedades más representadas son: Tannat (20% del total de la superficie del rango), Albariño (14%), Marselan (11%) y Arinarnoa (9%) (INAVI, 2024).

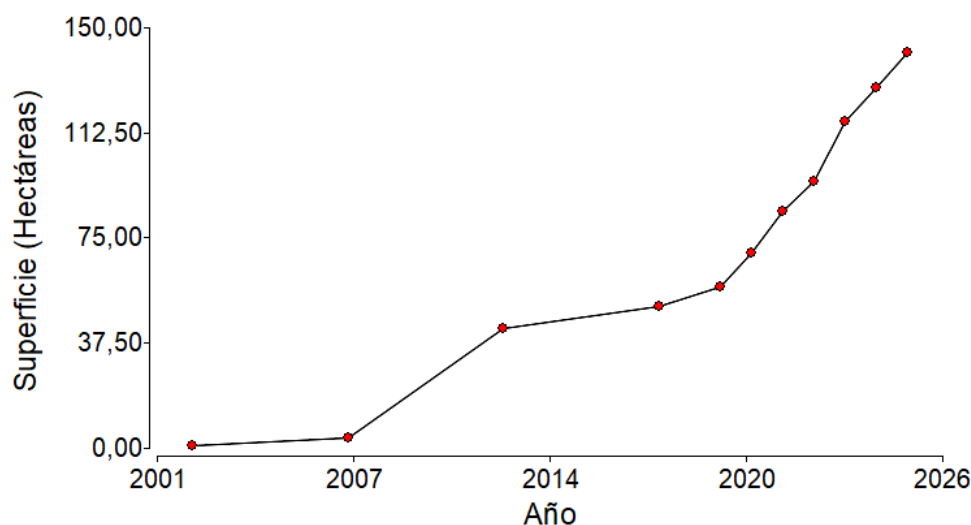
La variedad más ampliamente cultivada en el país es Tannat, la cual representa el 26.5% de la superficie actualmente en producción. En los últimos años Albariño ha ganado relevancia en el sector vitivinícola nacional, alcanzando el 2,2% de la superficie productiva y posicionándose entre las diez variedades más cultivadas a nivel nacional (INAVI, 2024).

2.1.1. Producción de Albariño en Uruguay

Las primeras plantaciones significativas de la variedad a nivel nacional presentan poco más de una década. En la actualidad, la mayor proporción de las plantas en producción se encuentran en el rango de edad de 0 a 5 años (INAVI, 2024). Denotando un importante crecimiento en superficie, que refleja el interés generado en el sector (Figura 1). En el año 2024 se produjeron aproximadamente 1.195.940 kilogramos, correspondiendo al 2,20 % de la producción nacional. Ubicándose como la tercera variedad blanca más producida a nivel país (INAVI, 2024). Del volumen producido de Albariño, en su totalidad se destina a la elaboración de vino, principalmente de calidad preferente.

Figura 1

Evolución de la superficie implantada de Albariño en Uruguay



Nota. Adaptado de INAVI (comunicación personal, 2025).

2.2. Descripción de la variedad Albariño

2.2.1. Origen de la variedad

La variedad Albariño (*Vitis vinífera* L.) es originaria de Galicia, España. Lugar donde se produce bajo la denominación de origen de Rías Baixas desde su aprobación en 1988 (Consellería de Agricultura, Ganadería y Montes, 1996). Por sus características varietales y el prestigio generado, actualmente es la principal variedad producida en el área. Representando el 96,6% de la cosecha total para la vendimia 2019. En su conjunto son 5 las subzonas vitivinícolas las que conforman dicha denominación de origen. En lo que se incluye el “Valle del Salnés”, lugar donde se produce el mayor volumen (66,18%) (Consello Regulador Denominación de Orixe Rías Baixas, 2019).

Es en su lugar de origen donde las cepas de Albariño explotan su potencial. El clima en dicha región geográfica se ve influenciado por el océano Atlántico, caracterizado por precipitaciones abundantes y veranos de marcada sequía (Axencia Galega da Calidade Alimentaria, 2024). En lo que respecta a las características edáficas, existen ciertas diferencias en las distintas subzonas. En su conjunto predominan los suelos arenosos de baja fertilidad (Axencia Galega da Calidade Alimentaria, 2024).

2.2.2. Características agronómicas

La *vitis vinífera* Albariño presenta un vigor medio y su porte es horizontal (*Alvarinho B: Wine grape variety*, 2023). Sus racimos son de tamaño relativamente pequeño (*Alvarinho B: Wine grape variety*, 2023; Vivai Cooperativi Rauscedo [VCR], 2013; Vivero, 2021) y de compactación media, con bayas esféricas color verde amarillentas (VCR, 2013). Se adapta preferentemente a podas largas y su potencial productivo es relativamente bajo (*Alvarinho B: Wine grape variety*, 2023; VCR, 2013;

Vivero, 2021), especialmente cuando las prácticas de despunte y poda no son las adecuadas a la variedad (VCR, 2013). Según lo indicado por VCR (2013) la variedad Albariño muestra una amplia adaptabilidad a condiciones edáficas y climáticas diferentes, con excepción de suelos poco drenados. En cuanto a la susceptibilidad a enfermedades, no es susceptible a *Botrytis cinerea*, agente causal de la podredumbre gris (*Alvarinho B: Wine grape variety*, 2023).

Por otro lado, en lo que respecta a su adaptación a las condiciones edafoclimáticas de Uruguay, Baietto (2022) reportó que, en el año 2020, en la localidad de Las Brujas (Canelones, Uruguay) las plantas de la variedad Albariño iniciaron la brotación el día 10 de setiembre. Dicha fecha de brotación coincidió con la observada en Chardonnay. Sin embargo, se registraron diferencias en el estado fenológico de envero, ocurriendo el 16 de enero para Albariño y 7 días antes en Chardonnay. En lo que respecta a la variedad Tannat, la brotación ocurrió 16 días más tarde que en Albariño, no obstante, coincidieron en la fecha de envero.

2.2.3. Características enológicas

Los vinos elaborados a partir de la variedad en cuestión se caracterizan por tener una acidez alta (*Alvarinho B: Wine grape variety*, 2023; VCR, 2013). Mientras que los aromas suelen ser de gran expresión (VCR, 2013). Caracterizados por notas frutales, florales y herbáceas (Vilanova et al., 2008).

En Galicia (España) los vinos comercializados como Rías Baixas Albariño, se caracterizan analíticamente por presentar grado alcohólico $\geq 11,36$ % volumen y acidez total de ≥ 3.50 gramos / L de ácido tartárico. En dicha denominación de origen, los vinos de Albariño presentan aromas complejos, con notas cítricas, frutales y florales, destacando el aroma a manzana, y colores amarillo pajizo (Axencia Galega da Calidade Alimentaria, 2024).

2.3. Poda en vid

2.3.1. Definición general de poda

La práctica de poda implica la eliminación de forma total o parcial de órganos vegetativos (Hidalgo, 1985; Lavín et al., 1999). En respuesta a esta acción hay un cambio en el comportamiento fisiológico de la vid (Greven et al., 2014). Se define con esta actividad la carga de fruta de la temporada e impacta directamente en la calidad de la producción, considerado como el momento de mayor incidencia por parte del viticultor (Deloire, 2012; Lavín et al., 1999; Wolpert et al., 1983).

Cuando la poda se hace durante el receso invernal, los cortes son realizados sobre órganos agostados (sarmientos, brazos o cordones y troncos). Mientras que las podas en verdes se realizan durante plena actividad de la planta y en esta se hacen cortes sobre órganos herbáceos. Esta última es considerada como complementaria a la invernal (Doğan, 2025).

2.3.2. Objetivos de la poda

Para Martínez de Toda (1991) son tres los objetivos principales de la poda:

- Limitar la capacidad de acrotonía de la planta. Manteniendo una forma adecuada para su manejo.
- Regular el número de yemas en función del potencial de crecimiento de la planta.
- Regular la carga de fruta en función de la capacidad fotosintética de la cepa. Con el fin de no afectar la reserva de fotoasimilados.

2.3.3. Fundamento de la poda.

La vid (*Vitis vinifera* L.) se caracteriza por tener crecimiento del tipo liana. En ausencia de un manejo de conducción y poda, la planta adquiere un tamaño excesivo que compromete la producción y maduración de la fruta, por lo que la poda se vuelve necesaria en cultivos de esta especie (Deloire, 2012; Greven et al., 2015).

Las plantas sin podar desarrollan numerosos órganos vegetativos y reproductivos, pero de menor vigor y tamaño, los cuales tienden a concentrarse en zonas distales. Esto ocasionado por la limitación de reservas para la brotación de yemas basales y el efecto de la acrotonía (Hidalgo, 1985; Martínez de Toda, 1991). Como consecuencia, los órganos fructíferos se alejan progresivamente del tronco (Hidalgo, 1985). Ineficiencias en la poda resultan en plantas con alta densidad de brotes, afectando la ventilación y entrada de luz a la canopia (Hickey & Hatch, 2018). A su vez, la fruta producida no adquiere la calidad comercial demandada (Deloire, 2012; Lavín et al., 2003), caracterizándose por un tamaño reducido y madurez deficiente (Hickey & Hatch, 2018).

Según Tomasi et al. (2020) la poda invernal tiene incidencias en el desarrollo radicular y en la relación raíz: copa. Determinando que, vides sin podar presentan mayor densidad de copa, a expensas de un menor crecimiento y distribución de las raíces. Por lo que la poda invernal contribuye al balance entre el crecimiento aéreo y subterráneo.

En concordancia con otros autores, Reynolds y Wardle (2001) demuestran con su estudio que la poda mínima en plantas de vid produce un mayor rendimiento. Sin embargo, se reduce el peso de las bayas y racimos, y se retrasa la maduración.

2.3.4. Tipos de poda

Los diversos tipos de poda pueden agruparse en: poda corta, larga y mixta. En la poda corta el elemento de poda se denomina pitón o pulgar, el mismo consiste en sarmientos a los que se les deja de dos a tres yemas. En la poda larga, el elemento de poda se denomina cargador o vara, este hace referencia a sarmientos con un número variable de yemas (Peppi & Kania, 2013). En la poda mixta se combinan los elementos pitón y cargador, el primero de estos es utilizado para obtener sarmientos que se utilizarán en la

siguiente temporada, por el contrario, el cargador será el que sostenga las estructuras reproductivas (Almanza-Merchán et al., 2014).

Los tipos de poda también pueden diferenciarse en relación a la época del año en que se realizan. De esta manera, se definen podas invernales y podas en verde. Las podas invernales se realizan en el periodo de dormancia, comprendido entre la caída de hojas y la brotación (Heazlewood et al., 2006). Por el contrario, las podas en verde se realizan en pleno crecimiento de la planta, con el fin de controlar el crecimiento vegetativo de la misma (Poni et al., 2018).

2.3.5. Efecto de la intensidad de poda

La intensidad con la que se realiza la poda tiene efectos directos en el vigor de los órganos vegetativos y en la fructificación de la planta (Francisco, 2024; Muñoz et al., 2022; Poni et al., 2018; Sabbatini et al., 2015). Cuanto mayor es el número de yemas que se dejan durante esta actividad, el vigor individual de los pámpanos y sarmientos será menor (Greven et al., 2015; O'Daniel et al., 2012).

Según Lavín et al. (2003) el exceso productivo además de repercutir en el peso de los sarmientos y área foliar, genera un descenso en el tamaño y peso de los racimos. Asimismo, se compromete el contenido de sólidos solubles y las reservas de aminoácidos en la planta. Esto último es de suma importancia, ya que al inicio de la brotación el crecimiento es dependiente de las reservas (Hidalgo Fernández-Cano & Hidalgo Togores, 2019).

Diversos autores concluyen que existe una correlación positiva entre el número de yemas que se deja en la poda y el número de racimos obtenidos en la cosecha (Ferrer & González Neves, 2002; Ortega-Farias et al., 2007; Theocharis et al., 2024). Sin embargo, a mayores rendimientos hay un efecto negativo en la calidad de las bayas obtenidas (Ferrer & González Neves, 2002; Muñoz et al., 2022).

En un estudio realizado por Theocharis et al. (2024) se demostró que la intensidad de la poda tiene efectos significativos en el crecimiento de la planta y el microclima en la copa. Plantas con mayor carga de yemas presentan una copa más densa, generando un microclima de menor temperatura alrededor de los racimos.

Los efectos de la poda sobre la composición de las bayas se explican por la distribución de fotoasimilados en la planta y por las condiciones microclimáticas generadas al interior de la copa (Muñoz et al., 2022; Theocharis et al., 2024).

Carmo Vasconcelos y Castagnoli (2000) evaluaron el efecto del control de canopia en verde. Determinaron que el despunte apical en plena floración tiene efectos positivos en aumentar el % de cuajado (25%), el número de bayas por racimo y el peso del mismo. Esto está vinculado a una modificación en la translocación de los carbohidratos, a costa de menor vigor y reservas. Por otro lado, en un mismo estudio logró determinar que la eliminación de brotes laterales repercute en los fotoasimilados disponibles y la calidad de las bayas.

2.4. Raleo

2.4.1. Definición y objetivos del raleo

El raleo o aclareo consiste en suprimir granos (cincelado), porciones del racimo (pinzamiento) o un porcentaje de racimos de la planta. Este último se realiza principalmente con el fin de ajustar la carga y mejorar la calidad de las bayas (Reynier et al., 1995).

Los objetivos del raleo se vinculan a corregir o ajustar la carga que se dejó durante la poda. Esto se realiza con la intención de mejorar la relación entre el crecimiento vegetativo, medido como el área foliar de la planta y el rendimiento que se obtiene de la misma (VanderWeide et al., 2024; Zhuang et al., 2014). El interés por realizar esta práctica recae en ajustar la producción a la capacidad de la cepa, entendiendo que el exceso productivo puede tener implicancias en la calidad de la baya y el vigor de la planta (Concurso et al., 2016).

2.4.2. Momento y métodos de raleo

Durante el raleo de racimos se retiran habitualmente entre 30 y 50% de los racimos de la planta (González-Neves & Ferrer, 2008; Matus et al., 2006). Sin embargo, la intensidad de raleo debe definirse en función del vigor de la planta y su capacidad productiva (Gutiérrez-Gamboa & Mucalo, 2025).

Algunos autores señalan que la carga óptima de racimos a dejar en la planta debe determinarse en función del área foliar. Considerándose adecuado un equilibrio de entre 7 a 15 cm² de hoja por gramo de fruta. Como contrapartida, el raleo excesivo de racimos puede desviar los fotoasimilados hacia órganos vegetativos en crecimiento (Hidalgo Fernández-Cano & Hidalgo Togados, 2019).

Los mecanismos para realizar esta práctica pueden ser de forma manual, mecánica o química (Diago et al., 2010; Ferrer & González Neves, 2002; Sivilotti et al., 2020). El raleo manual es el método más utilizado, mientras que las alternativas químicas consisten en la aplicación de etefón o ácido giberélico (Alshallash et al., 2023; Ferrara et al., 2016).

Además de retirar racimos de la planta, existen prácticas orientadas a ralear bayas, con el fin de reducir la compacidad y mejorar la uniformidad del racimo. Este tipo de intervención se realiza preferentemente en sistemas de producción destinados a mercados exigentes de uva de mesa (Silvestre et al., 2017).

Matus et al. (2006) determinaron que el momento en que se realiza el raleo de racimos influye en el tamaño final del mismo. En un ensayo realizado en la variedad Malbec (*Vitis vinifera* L.) en Mendoza, Argentina, se observaron diferencias significativas cuando el raleo se realiza en tamaño arveja, en comparación cuando se realiza en envero. El mayor peso medio de racimos puede ser explicado por una compensación en el tamaño final de las bayas. Asimismo, se encontraron diferencias asociadas la intensidad del raleo, determinándose que plantas raleadas 25% en tamaño arveja resultaron en peso de racimos menores en comparación con las raleadas 50%.

Cuando el raleo se realiza en periodo de envero, no se logran modificaciones significativas en el peso medio de bayas y racimos, independientemente de la intensidad de raleo que se realice (Matus et al., 2006). Este comportamiento puede atribuirse a que el envero ocurre hacia el final de la fase dos del crecimiento de la baya, una vez definido el tamaño potencial final de la misma (Coombe & McCarthy, 2000).

Por otro lado, el raleo realizado en periodo de cuajado puede generar un incremento en el peso medio de los sarmientos. Esto puede explicarse por una compensación en el crecimiento vegetativo, asociada a la reducción en la fuerza fosa de las estructuras reproductivas (Miele & Rizzon, 2013).

2.4.3. Influencia en los componentes de rendimiento

El aclareo de racimos reduce significativamente el rendimiento obtenido (Gamero et al., 2014; Kok, 2011; Sivilotti et al., 2020).

Según Miele y Rizzon (2013) el raleo de racimos es más efectivo que la práctica de poda para reducir la producción por cada brote. Cuando la intensidad de raleo es mayor, la producción se reduce significativamente. Determinando que intensidades de raleo de 50% y 75% reducen la producción por yema 29,5% y 50,4 % respectivamente, en relación al testigo sin ralear. La producción por cada yema está directamente relacionada con el rendimiento por superficie.

2.4.4. Influencia en la composición de bayas

El raleo de racimos influye en el adelantamiento de la madurez de las bayas, principalmente como consecuencia de reducir la competencia por fotoasimilados. Este efecto se traduce en una mayor acumulación de azúcares en las bayas (Kok, 2011; Sivilotti et al., 2020). Asimismo, se ha reportado que el raleo tiene incidencia en reducir la acidez y aumentar el pH (Kok, 2011). No obstante, esto último tiene controversias con algunos autores, quienes no observaron cambios significativos en dichas variables (Miele & Rizzon, 2013; Sivilotti et al., 2020).

De acuerdo a Salvarrey (2016), la técnica de raleo es de las más eficientes para mejorar la relación fuente/fosa. Asimismo, en un mismo estudio logró determinar que el raleo de racimos en envero contribuye favorablemente en la síntesis de compuestos primarios y secundarios de la baya. Esto último atribuido a la modificación en el balance fisiológico de la planta.

En concordancia con otros autores, Ferrer y González Neves (2002) manifiestan que la técnica de raleo tiene efectos en la producción y composición de las bayas. Sin embargo, las modificaciones en el rendimiento dependen del momento y forma en que se realice. Dichos autores lograron determinar que el raleo manual tiene efectos positivos en la calidad de los vinos a elaborar, principalmente cuando el raleo se realiza en envero. Los tratamientos raleados obtuvieron mayor grado de alcohol probable y su efecto es mayor cuando la poda es más intensa.

Por su parte, Matus et al. (2006) mostraron diferencias significativas y mayores en la concentración de sólidos solubles en los tratamientos raleados en comparación con

el testigo sin ralear. Esto lo atribuye a un efecto de la concentración. Asimismo, los tratamientos raleados se adelantaron en la fecha de cosecha. Por otro lado, el pH en el tratamiento testigo fue menor a los raleados, sin embargo, no se determinaron diferencias significativas con las plantas raleadas 50% en enero.

En contraposición, Miele y Rizzon (2013) mencionan que no encontraron diferencias significativas en parámetros de composición primaria (azúcares, acidez y pH) del mosto en la mayoría de los años evaluados. Este comportamiento se sostuvo entre diferentes intensidades de raleo (25%, 50% y 75%) y respecto al testigo sin ralear. En un mismo trabajo menciona que únicamente en uno de los 4 años evaluados, las plantas raleadas 75% lograron obtener un aumento significativo de 0,8 °Brix. Sin embargo, este aumento fue a expensas de reducir 15.314 kg/ha la producción.

Como fundamento de la práctica de raleo, la competencia entre racimos repercute en la composición y maduración de las bayas. En estudios realizados por Carmo Vasconcelos y Castagnoli (2000) se demostró que el mayor número de bayas cuajadas tiene efectos negativos sobre la concentración de sólidos solubles. Esto se explica por la mayor competencia entre los órganos reproductivos.

2.5. Indicadores y parámetros vegetativos

2.5.1. Equilibrio vegetativo reproductivo

El equilibrio fisiológico de la planta puede evaluarse a partir de la relación fuente/fosa, entendida como el vínculo entre la disponibilidad de fotoasimilados sintetizados a partir del proceso de fotosíntesis y el consumo por parte de órganos en crecimiento (Howell, 2001).

Conocer la relación entre la superficie foliar portadora de fotoasimilados y el rendimiento de la planta es fundamental para obtener bayas de calidad. Asimismo, el equilibrio fisiológico permite definir la carga adecuada para la planta (Kliewer & Dokoozlian, 2005). En este contexto, una correcta poda invernal contribuye a mantener el balance entre el desarrollo vegetativo y reproductivo (Howell, 2001).

La planta es capaz de sostener un determinado número de yemas en función de factores internos y externos. Con respecto a los primeros, en estos se incluye la variedad, edad de la planta y su estado sanitario. Mientras que, los factores externos comprenden el clima, las características del suelo y el manejo que realiza el hombre en la viña (Aliquó et al., 2015; Feitosa et al., 2018). Al momento de la poda, es importante dar cuenta del estado vegetativo actual de la planta y su evolución comparativa a años anteriores. Esto hace referencia a la observación del vigor de los sarmientos, chupones y feminelas (Bassiony, 2020). A partir de ello, se define el número de yemas a dejar, decisión que incide directamente en el vigor de la planta y permite evitar desbalances entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (Di Lorenzo & Pisciotto, 2019).

Según Carmo Vasconcelos y Castagnoli (2000), el porcentaje de cuajado es inversamente proporcional al número de inflorescencias. Independientemente del número de flores o inflorescencias, el cuajado actúa como un mecanismo regulador del número final de bayas.

De acuerdo con Echeverría et al. (2017) el aumento de la relación fuente/fosa se asocia a una mayor concentración de sólidos solubles y una disminución de la acidez. Sin embargo, este comportamiento se observa hasta el valor de $0,80 \text{ m}^2/\text{kg}$ de uva.

Estudios anteriores revelan que la relación fuente/fosa ideal, de forma generalizada para variedades de vid conducidas en espaldera, se encuentre en valores de $0,8$ y $1,2 \text{ m}^2/\text{kg}$ de fruta para copas simples, y entre $0,5 - 1,2 \text{ m}^2/\text{kg}$ para copas divididas. Dentro de estos rangos se logra una maduración adecuada de la fruta (Kliewer & Dokoozlian, 2005).

Asimismo, un área foliar entre 2 y 5 m^2 por metro lineal de copa, para copas simple, se considera un rango de equilibrio para alcanzar una correcta maduración y bayas de calidad (Kliewer & Dokoozlian, 2005).

Otro indicador utilizado para evaluar el estado de equilibrio de la planta es el índice de Ravaz.

2.5.2. Índice de Ravaz

El índice de Ravaz se define como la relación entre el peso de fruta producida y el peso de poda, es utilizado para evaluar el balance entre el crecimiento reproductivo y vegetativo (O'Daniel et al., 2012). Para dicho indicador se consideran que, los valores óptimos se encuentran entre 4 y 10 kilogramos de fruta por kilogramo de madera. Valores inferiores indican situaciones de alto vigor, mientras que valores superiores a 10 corresponden a plantas con bajo desarrollo vegetativo (Ferrer et al., 2011; Kliewer & Dokoozlian, 2005).

Según O'Daniel et al. (2012), cuando el número de yemas dejadas durante la poda invernal disminuye, el índice de Ravaz aumenta linealmente.

2.5.3. Peso de madera de poda

El peso de poda en época invernal puede ser un buen indicador del crecimiento vegetativo de la planta en la temporada anterior, existiendo entre sí una alta correlación positiva (Theocharis et al., 2024).

Conforme a lo reportado por Theocharis et al. (2024) el aumento de número de yemas en la planta se asocia a un mayor peso de poda durante el receso invernal. Sin embargo, en un mismo estudio no logró encontrar diferencias significativas en el peso medio de los sarmientos, para tratamientos con diferente carga de yemas.

Según Aliquó et al. (2015) los valores óptimos de poda se encuentran en el rango de $0,3$ y $0,6 \text{ kg/metro}$ de canopia, mientras que los sarmientos de vigor adecuado deben pesar entre 20 y 40 gramos. Los pámpanos de vigor medio son considerados los más fructíferos (Greven et al., 2014).

Asimismo, estudios realizados en las condiciones agroclimáticas de Uruguay indican que el rango óptimo de peso de poda se sitúa entre 0,5 y 0,6 kg/m. Estos valores se asocian a una mayor eficiencia en la producción y a una adecuada madurez de la fruta obtenida (Coniberti, 2018).

2.5.4. Área foliar y desarrollo vegetativo

De acuerdo con Theocharis et al. (2024), el incremento en la carga de yemas en plantas de vid se asocia con un aumento en el área foliar total y en el componente de área foliar de hojas principales, independientemente del tipo de poda que se realice (corta o larga). No obstante, no se observaron diferencias significativas en el área foliar secundaria en función del número de yemas, aunque su contribución en el área foliar total fue menor en plantas con pámpanos menos vigorosos.

Las plantas que son podadas con menor intensidad presentan generalmente mayor área foliar (Ortega-Farias et al., 2007; Theocharis et al., 2024). Esto puede explicarse por la presencia de un mayor número de brotes vegetativos, aunque no por un incremento en el número de brotes por cada yema (nudo doble) dejada durante la poda (Theocharis et al., 2024).

Las plantas con mayor área foliar presentan una mayor cantidad de hojas superpuestas y en consecuencia una mayor densidad del dosel. Esto modifica el microclima que se establece alrededor de los racimos, determinando que densidades más elevadas del dosel se asocian con menor entrada de luz y temperaturas más bajas en su interior (Candar et al., 2019; Muñoz et al., 2022; Theocharis et al., 2024).

Estudios realizados en microclima de racimos demostraron que bayas expuestas a la luz en etapas iniciales de desarrollo alcanzan mayor tamaño que aquellas que crecen sombreadas (Dokoozlian & Kliewer, 1996). Asimismo, los racimos menos expuestos presentan menor concentración de azúcares (Candar et al., 2019; Dokoozlian & Kliewer, 1996; Muñoz et al., 2022), probablemente por una menor actividad de la enzima invertasa, la cual podría estar regulada por la intensidad de luz (Dokoozlian & Kliewer, 1996). Por otro lado, racimos sombreados tienen mayor concentración de acidez titulable, lo que podría asociarse a temperaturas más bajas y a una menor degradación de ácido málico (Candar et al., 2019; Muñoz et al., 2022).

La relación entre el área foliar y el peso de fruta producida se utiliza como índice de la calidad de baya obtenida. Esto está vinculado a que las hojas son las responsables de la síntesis y transporte de azúcares a las bayas, determinado su concentración en las mismas (Kliewer & Weaver, 1971, como se cita en Miele & Rizzon, 2013).

2.6. Composición de las bayas

2.6.1. Evolución de compuestos primarios

Posterior al periodo herbáceo y previo a la maduración, las bayas atraviesan un estado fenológico denominado envero (Peynaud, 1999). De acuerdo con Hernández-

Montes et al. (2021), este estado no se atribuye a bayas individuales, sino a una población de las mismas. El envero comprende una serie de transformaciones químicas y físicas, caracterizado por el cambio de coloración y ablandamiento de las bayas (Hernández-Montes et al., 2021).

A partir del periodo de envero, se produce una disminución en la conexión xilemática, asociado a la obstrucción de los vasos, adquiriendo mayor relevancia el transporte vía floema (Coombe & McCarthy, 2000; Keller et al., 2015). Como consecuencia, se genera un aumento en la concentración de azúcares y disminución del contenido de ácidos (Dai et al., 2013).

Durante la etapa de maduración, a partir del envero, aumenta linealmente la relación azúcares/acidez. Sin embargo, la velocidad con la que se da la maduración depende de factores como el año, el suelo y variedad de *Vitis vinifera* (Van Leeuwen et al., 2023).

Idealmente, a partir del periodo de envero, se produce una disminución en el crecimiento vegetativo, la baya se convierte en un importante órgano de acumulación de fotoasimilados (Coombe & McCarthy, 2000).

2.6.2. Acidez y pH

Los principales ácidos presentes en la uva son el ácido málico y tartárico, estos conforman el 90% de la acidez total. Ambos se sintetizan en hojas y racimos, mientras que su evolución y estabilidad difieren entre sí (Hernández-Montes et al., 2021). El descenso de la acidez durante la maduración se asocia a procesos de respiración, neutralización, salificación y dilución (Agustí, 2008).

El ácido tartárico se sintetiza principalmente en frutos, como producto secundario de la síntesis de azúcares. A partir del envero se produce una disminución en su concentración (Bustamante Quiñones, 2020).

Por su parte, el ácido málico se produce como producto intermedio en el metabolismo de las bayas, a partir de azúcares importados al órgano fosa (Blouin & Guimberteau, 2012). A partir de envero su concentración disminuye, producto de la síntesis de azúcares y el proceso de respiración (Dai et al., 2013). Este ácido presenta menor estabilidad, en comparación con el ácido tartárico (Hidalgo Tогores, 2011).

2.6.3. Sólidos solubles y alcohol probable

Los principales azúcares presentes en las bayas de *Vitis vinifera* son glucosa y fructosa (Zhong et al., 2023). Durante el periodo herbáceo, previo al envero, los azúcares se acumulan progresivamente en órganos verdes en crecimiento. A partir del envero, los racimos son una fosa de importancia, resultando en un aumento en la acumulación de solutos (Keller et al., 2015). Además del aporte de azúcares producto de la fotosíntesis y los importados de las reservas (Li et al., 2021), durante la maduración, la oxidación del ácido málico contribuye en su concentración. Mientras que su disminución puede

atribuirse a procesos de respiración, dilución por acumulación de agua y la transformación en otros compuestos (Hidalgo Togores, 2011).

Durante el proceso de fermentación, las levaduras utilizadas en la industria vinícola utilizan los azúcares reductores del mosto, formando alcohol. Es por ello que, la concentración de azúcares en la baya tiene una correlación directa con el grado alcohólico obtenido en el vino elaborado (Peynaud, 1999).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

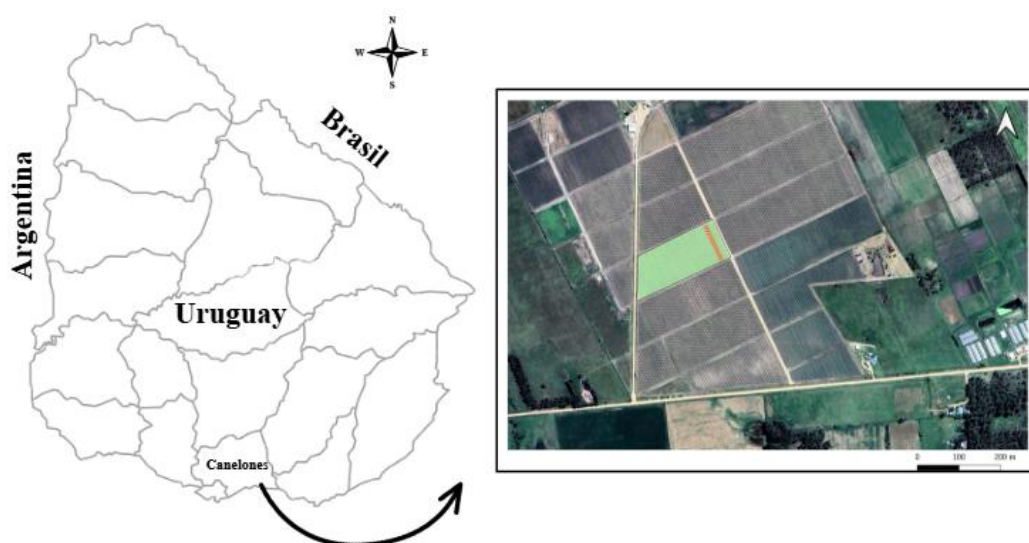
3.1. Sitio de estudio

El estudio se realizó durante la temporada productiva 2024 - 2025, en un viñedo comercial perteneciente a la bodega Traversa. El mismo se ubica en el departamento de Canelones (Uruguay), precisamente en las coordenadas 34°33'39.5"S 56°09'56.4"W (figura 2).

Para caracterizar las condiciones ambientales en el sitio de estudio, se analizaron los datos climáticos proporcionados por estaciones experimentales cercanas. En la figura 3 se muestra la evolución mensual de la evapotranspiración de referencia (ET_0), temperatura media y precipitación, durante el periodo comprendido entre setiembre 2024 y marzo 2025. A partir de dicha información se concluye que la ET_0 aumenta progresivamente desde setiembre hasta enero, siendo este último el mes de mayor demanda. Las precipitaciones muestran un comportamiento irregular, sin un patrón definido. Mientras que la temperatura media más alta se da entre los meses de enero y febrero, alcanzando un máximo cercano a 25°C.

Figura 2

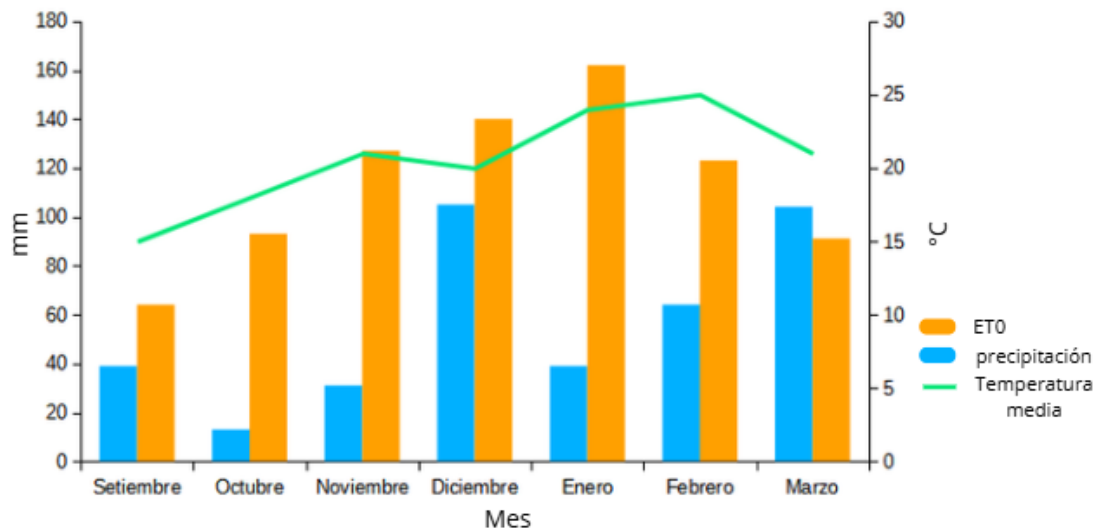
Ubicación del sitio de estudio



Nota. En el mapa satelital se señala en verde el cuadro en estudio, y en rojo las filas correspondientes a las plantas evaluadas. Adaptado de Google (2025).

Figura 3

Distribución mensual (Setiembre 2024 - Marzo 2025) de temperatura media, precipitación y evapotranspiración



Nota. ET0: evapotranspiración de referencia de Penman (mm), Precipitación mensual acumulada (mm) y Temperatura media (°C). Elaborado de acuerdo al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA] (s.f.) y datos climáticos de la estación experimental Centro Regional Sur (CRS), Facultad de Agronomía (2025).

3.2 Características del material vegetal

El material vegetal utilizado en la evaluación son plantas de la especie *Vitis vinifera* L. de la variedad albariño. Implantadas en el año 2021 sobre portainjerto SO₄. Las plantas están conducidas en sistema de espaldera, orientada de norte a sur. La distancia entre plantas es de 1 metro, con 2,8 metros entre filas (figura 4), lo que corresponde a una densidad de plantación de 3.571 plantas/ha. El viñedo fue irrigado y su manejo fue el convencional.

Figura 4

Densidad de plantación y dimensiones del sistema de conducción



Nota. Figura a) representación de la densidad de plantación; b) altura del alambre tutor (0,75 m), alambre de poda (1 m) y expansión vegetativa (1,25 m).

3.3. Diseño del experimental

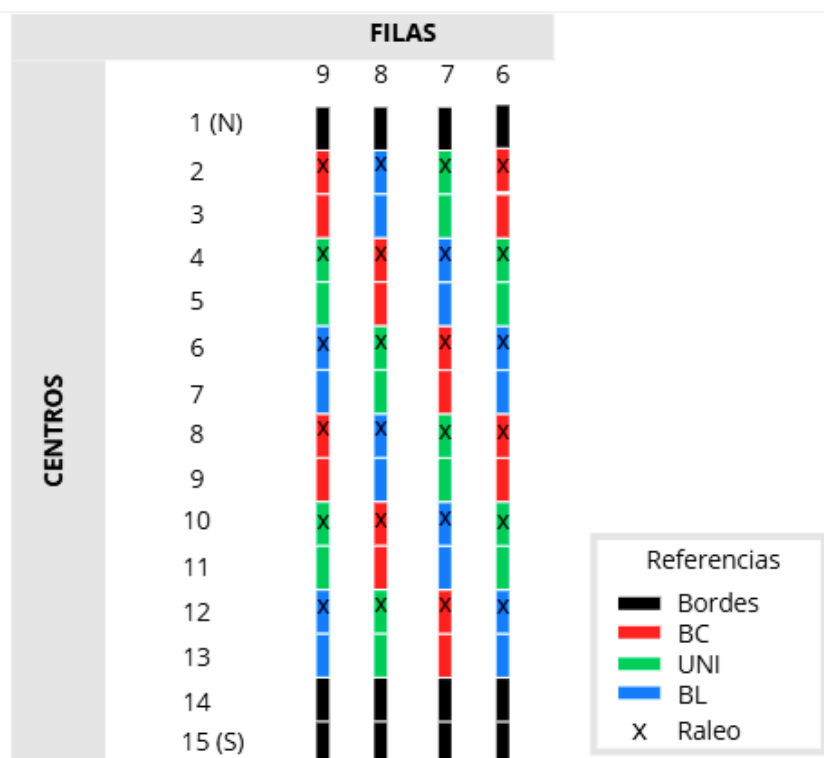
El ensayo consistió en un diseño experimental completamente al azar, con seis tratamientos, entre los que se incluye el testigo. Para cada uno de estos se incluyeron 8 repeticiones, siendo la unidad experimental el centro conformado por seis plantas (figura 5). Los tratamientos corresponden a diferentes combinaciones de poda y raleo, descritos a continuación:

- **Testigo (BL 0):** poda con dos varas laterales (14 yemas totales por planta, en promedio), sin raleo (figura 6b).
- **Unilateral sin raleo (UNI 0):** poda con una única vara lateral (12 yemas totales por planta, en promedio), sin raleo (figura 6 c).
- **Bilateral cruzado sin raleo (BC 0):** poda con dos varas laterales que se entrecruzan con las de la planta aledaña, a diferencia del testigo las varas son más largas (24 yemas totales por planta, en promedio) (figura 6 a). No incluye raleo.
- **Bilateral con raleo (BL 50):** poda con dos varas laterales y 50% raleada.
- **Unilateral con raleo (UNI 50):** poda con una única vara lateral y 50% raleada.
- **Bilateral cruzado con raleo (BC 50):** poda con dos varas laterales que se entrecruzan con las de la planta aledaña y 50% raleada.

La poda fue realizada durante el receso invernal en el año 2024, mientras que los raleos se realizaron durante el periodo de enero (10 de enero de 2025), definido por el inicio de ablandamiento y translucidez de las bayas.

Figura 5

Esquema representativo del diseño experimental



Nota. Se señalan los tratamientos establecidos, el número de filas y centros correspondientes.

Figura 6

Fotografías de los tratamientos de poda



Nota. a) tratamiento de poda bilateral cruzada (BC); b) tratamiento de poda bilateral (BL); c) tratamiento de poda unilateral (UNI); d) entrecruzamiento de sarmientos en BC; e) unión de plantas aledañas en BL; f) disposición de sarmiento de UNI sobre el alambre.

3.4. Seguimiento de la maduración

3.4.1. Procedimiento de muestreo

Para hacer seguimiento del estado de madurez de las bayas se extrajeron muestras en cinco momentos, a partir de enero. Se realizaron tres evaluaciones en el mes de enero, los días 10, 20 y 27, y dos en febrero, días 04 y 07. En la primera evaluación se extrajeron 60 bayas y en las siguientes el número aumentó a 120. Las bayas se recolectaron de forma individual y al azar, en racimos ubicados en diferentes posiciones de la planta y distintas zonas del racimo. Las bayas se estrujaron de forma manual y se extrajo el mosto a evaluar.

3.4.2. Acidez titulable y pH

La acidez titulable se determinó por titulación (NaOH 0,1N) y se expresó en gramos de ácido sulfúrico por litro (g SO₄/L). El pH de la muestra se midió con un pH metro digital (modelo Horiba - F13).

3.4.3. Sólidos solubles

Los sólidos solubles totales (SST) se cuantificaron mediante refractometría, utilizando un refractómetro de mano (modelo Atago N1) y se expresaron en °Brix.

3.5. Parámetros vegetativos y reproductivos

3.5.1. Fertilidad de yemas

La fertilidad de las yemas se evaluó en cuatro plantas por tratamiento de poda. En cada planta se seleccionó un sarmiento y se registró el número de racimos presentes en cada yema, comenzando desde la base.

3.5.2. Número de pámpanos por planta

El número de pámpanos se registró en cada unidad experimental. A partir de ello, se estimó el número de pámpanos correspondiente a cada planta.

3.5.3. Peso de poda

La poda invernal se realizó el día 26 de agosto de 2025, de forma manual con tijeras de podar. La madera removida en cada unidad experimental se pesó con una balanza digital (modelo Tolsen) (figura 7). El peso promedio por pámpano se calculó dividiendo el peso total del centro por el número de pámpanos presentes en el mismo.

Figura 7

Medición de peso de poda



Nota. Fotografía representativa de la metodología utilizada para medir peso de madera de poda.

3.5.4. Área foliar

El área foliar se estimó mediante el ajuste de un modelo. Para ello, se seleccionó una planta por centro, en la fila n°6 y en cada una tres pámpanos al azar. En cada pámpano se registró la longitud de los entrenudos y en cada nudo el largo de la nervadura principal de la hoja. Además, se registró la presencia de feminela, de estar presentes se midió su longitud, el número de hojas y el largo de nervadura principal correspondiente. Con la información de los entrenudos se determinó la longitud total de cada pámpano.

Por otro lado, se extrajeron al azar 72 hojas por fila, de forma equitativa en cada unidad experimental. Cada hoja fue fotografiada en un fondo blanco de área conocida y se midió la longitud de la nervadura principal. Las imágenes fueron procesadas mediante la herramienta coolphptools, la cual brinda la proporción de cada color presenta en la imagen. A partir de esta información se estimó el área ocupada por hoja en la superficie de referencia.

Finalmente, se realizó una observación visual a través de fotografías, con el fin de diferenciar el nivel de exposición de los racimos y la densidad de dosel en cada tratamiento.

3.5.5. Peso de baya

Este procedimiento se realizó en cada momento de evaluación del seguimiento de madurez, con excepción de la última fecha. Se midió el peso de cada muestra, con una

balanza digital de precisión (modelo XB 4200), el peso individual de las bayas se determinó en función del tamaño de la muestra.

3.6. Cosecha

La cosecha se realizó en madurez tecnológica, determinada a partir del seguimiento de madurez. De esta manera, se definieron dos fechas: 07 y 10 de febrero de 2025. En la primera de estas se cosecharon los tratamientos raleados y unilateral no raleado (UNI 50, UNI 0, BL 50 y BC 50). Seguido por los tratamientos BL 0 y BC 0, en la segunda fecha establecida.

Esta actividad se realizó de forma manual y se cosecharon todas las plantas del ensayo. Los racimos cosechados se colocaron en envases plásticos de aproximadamente 20 kilos de capacidad (Figura 8). Se tomó como criterio en la cosecha separar los racimos con síntomas de enfermedad; para determinar su peso y número independientemente de su estado sanitario.

Figura 8

Cosecha de racimos



Nota. Fotografía del día de cosecha (07 de febrero de 2025).

3.6.1. Peso de cosecha

Al momento de la cosecha se registró el número de racimos cosechados y el peso correspondiente a los mismos, en cada unidad experimental. Cada envase junto al volumen cosechado se pesó a campo utilizando una balanza digital marca Tolsen. Con la información extraída fue posible calcular el peso individual por racimo, el peso por planta y por centro.

3.7. Índices de equilibrio

3.7.1. Índice de Ravaz

Para determinar el equilibrio vegetativo-reproductivo de las plantas en cada tratamiento, se utilizó como índice fisiológico el índice de Ravaz. De acuerdo a su forma de determinación, el mismo se calculó con la relación: carga de fruta (kg/planta)/ peso de poda (kg/planta).

3.7.2. Relación fuente/fosa

Se realizó una estimación de la relación fuente/fosa en los diferentes tratamientos. Determinada por la relación: área foliar total (cm²/planta) /peso de fruta (kg/planta). Debido al bajo número de repeticiones realizadas para la variable área foliar total por planta, no se realizó un análisis estadístico para este índice.

3.8. Composición del mosto.

En los días de molienda de la uva (10 y 13 de febrero 2025), se extrajeron muestras de los mostos para cada repetición. Ese mismo día se realizaron análisis inmediatos de SST, acidez titulable y pH, siguiendo la metodología descrita anteriormente. Adicionalmente, se conservaron muestras refrigeradas para su posterior análisis mediante FOSS. Se registraron las concentraciones correspondientes a ácido málico y tartárico, expresados en gramos por litro (g/L).

3.9. Análisis estadístico.

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA), con comparaciones mediante prueba LSD Fisher, con 95% de intervalo de confianza, utilizando el programa estadístico InfoStat. El mismo se utilizó además para realizar análisis multivariado de componentes principales.

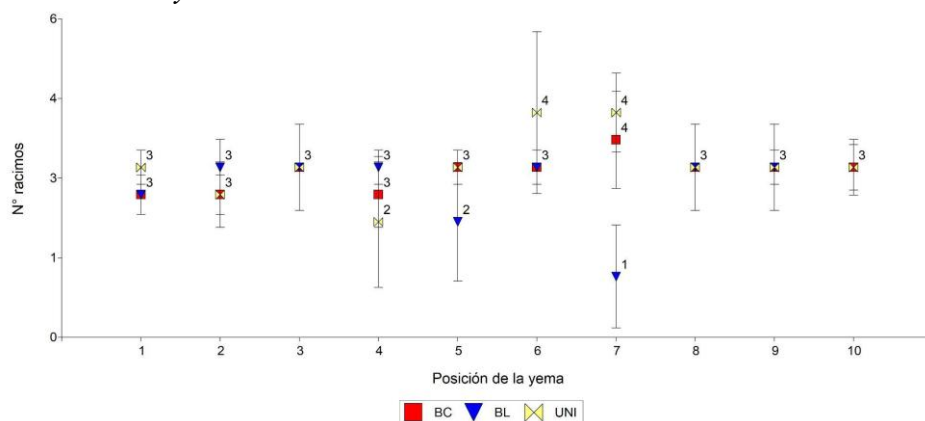
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Componentes de rendimiento

4.1.1. Fertilidad de yemas

En la figura 9 se representan los números de racimos promedio contabilizados en las diferentes posiciones de yema (hasta la número 10). Esta información se presenta para los tratamientos UNI 0, BL 0 y BC 0. En general, no se observan diferencias significativas en los diferentes tratamientos (información no presentada). Estos resultados son esperables, vinculado a que en la especie *Vitis vinifera* la inducción de las yemas y el número de racimos en esta se determina en la temporada previa (Monteiro et al., 2021). Para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos en la inducción y diferenciación de las inflorescencias es necesario recabar datos en la siguiente temporada productiva.

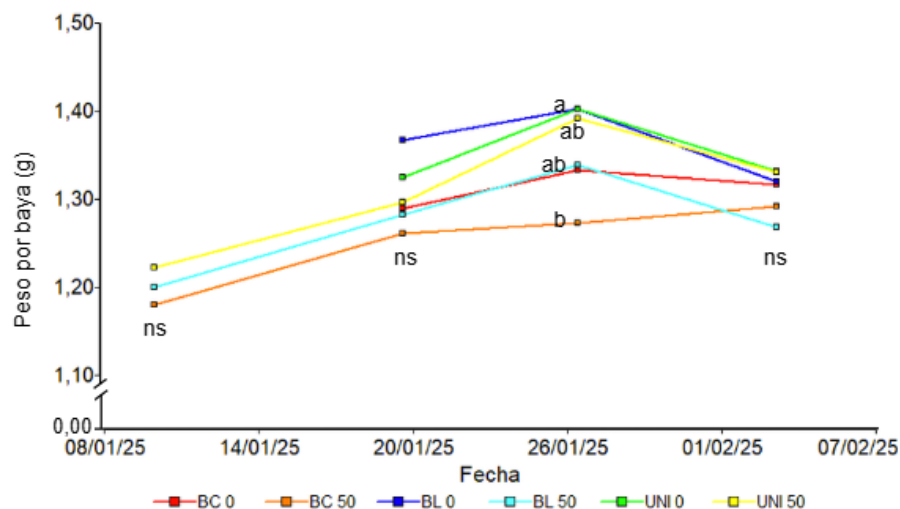
Figura 9
Fertilidad de yemas



Nota. Se presenta el número de racimos en función de la posición de las yemas en el sarmiento. Para los tratamientos de poda BC, BL y UNI.

4.1.2. Seguimiento de peso de baya

La evolución en el peso promedio por baya mostró una tendencia creciente (Figura 10), hasta la penúltima fecha de evaluación (27/01/2025), momento en el que se registraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos. En dicha fecha, los tratamientos UNI 0 y BL 0 presentaron los valores más altos (1,40 g), mientras que, BC 50 presentó los valores inferiores (1,27 g). El resto de los tratamientos se ubicaron en valores intermedios, sin diferencias significativas respecto a ambos extremos. En la última fecha evaluada no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, evidenciándose a nivel general un descenso en el peso. Esto último puede asociarse a una reducción del volumen de las bayas por deshidratación (Deloire et al., 2021).

Figura 10*Evolución de peso de baya*

Nota. Las letras diferentes indican diferencias significativas, según prueba Fisher LSD ($p < 0,05$). ns: no significativo.

4.1.3. Rendimiento: número y peso de racimos

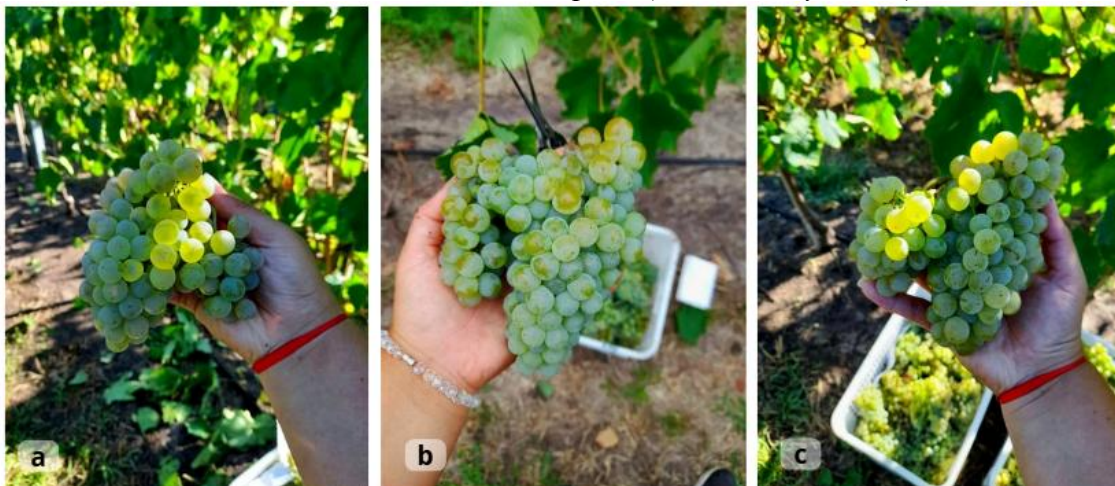
El rendimiento obtenido por planta estuvo relacionado al número de racimos (Tabla 1), siendo este componente determinante en el rendimiento de la vid (Ferrer & González Neves, 2002; Theocharis et al., 2024). De acuerdo a los resultados obtenidos, el tratamiento BC 0 obtuvo el mayor rendimiento (7,77 kg/planta), aunque sin diferencias estadísticas con BL 0 (7,33 kg/planta). Mientras que con el tratamiento UNI 50 se obtuvo el rendimiento más bajo (3,81 kg/planta), concordando con el menor número de racimos por planta (26,4). Esto puede asociarse con el número de yemas que se dejaron en la poda, siendo determinante en el número de racimos a cosechar (Bonin et al., 2025; Greven et al., 2015; Sabbatini et al., 2015; Würz et al., 2020). Asimismo, el raleo tuvo efecto en la reducción de rendimiento para un mismo tratamiento de poda. Estos resultados coinciden con los de otros autores, quienes indican que el raleo reduce significativamente el rendimiento (Aru et al., 2022).

En lo que respecta al peso de racimos, los valores superiores se obtuvieron en el tratamiento BL 0 (155,97), aunque no son significativamente diferentes a los tratamientos BL 50, UNI 0 y UNI 50. Esto demuestra que el menor número de racimos post envero no compensa el peso medio de los mismos (Matus et al., 2006). Asimismo, el peso medio de racimo más bajo se obtuvo en los tratamientos BC 0 y BC 50, coincidiendo con los tratamientos de mayor cantidad de nudos retenidos y número de racimos previo al envero. Demostrándose que el número de racimos en la planta repercute en el peso final de los mismos (Aru et al., 2022; Sabbatini et al., 2015). A campo se observó que los tratamientos de poda bilateral cruzada (BC 0 y BC 50) presentaban racimos visualmente más laxos, y de menor tamaño (Figura 11). Días posteriores al cuajado, con bayas en tamaño arveja, se observaron al interior de la conopia racimos con bayas de tamaño heterogéneo y menor

desarrollo. En contraposición con aquellos racimos que crecieron más expuestos a la radiación solar. Esto podría explicar en parte la diferencia de tamaño de racimos entre tratamientos de poda con diferente densidad de canopia (Figura 12) (Dokoozlian & Kliewer, 1996). Otra de las observaciones realizadas en cosecha es respecto a la aglomeración de racimos presentes en BC 0, presentando un desafío al momento de la actividad (Figura 13).

Figura 11

Racimos cosechados en cada tratamiento de poda (BC 0, BL 0 y UNI 0)



Nota. Racimos cosechados de: a) tratamiento BC 0, b) tratamiento BL 0 y c) tratamiento UNI 0.

Figura 12

Racimos en tamaño arveja



Nota. Racimos creciendo sombreados (a) y expuestos a la luz (b), en tamaño arveja (fecha 24/11/2024).

Figura 13*Aglomeración de racimos en cosecha*

Nota. Racimos aglomerados observados en cosecha, correspondiente al tratamiento BC 0 (fecha 10/02/2025).

Los componentes de rendimiento en el promedio general (racimos por planta y peso de racimos), son superiores a los reportados en otros trabajos realizados en el este del país (Bentancor de los Santos, 2023; Hernández, 2024; Tachini, 2021). Asimismo, los resultados son superiores al promedio nacional reportados por INAVI (2024). Esto puede estar vinculado al efecto regional de condiciones agroclimáticas, así como la edad de las plantas en producción y el manejo que se realiza.

Durante la cosecha no se observaron racimos con podredumbre. Por lo tanto, no se descartaron racimos durante la evaluación.

Tabla 1

Componentes de rendimiento: rendimiento (kg/planta), peso de racimos (g) y racimos por planta.

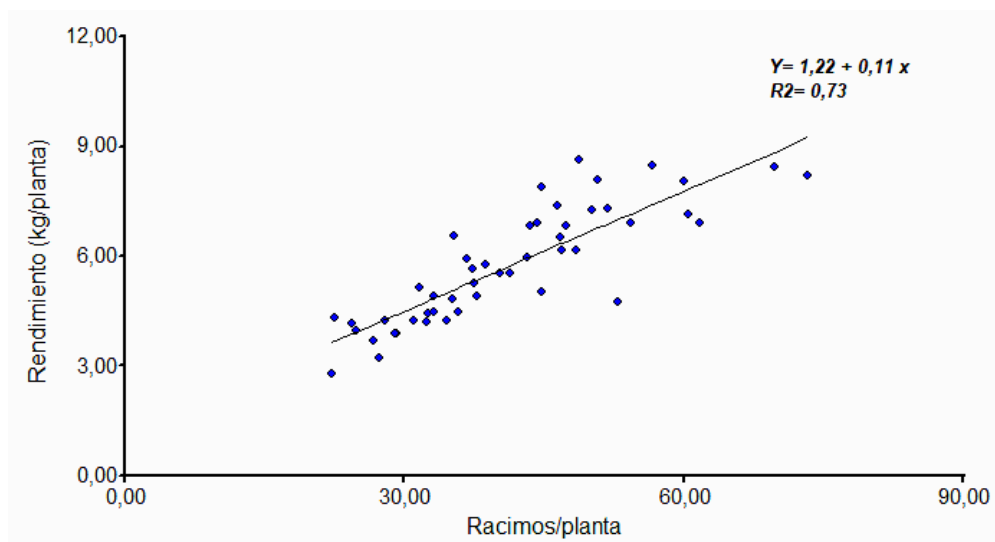
Tratamiento	Rendimiento (kg/planta)	Peso de racimos (g)	Racimos por planta
BC 0	7.77 a	128.88 b	60.9 a
BC 50	4.90 c	129.44 b	38.01 cd
BL 0	7.33 a	155.97 a	47.09 b
BL 50	4.97 bc	143.54 ab	34.58 d
UNI 0	5.68 b	141.00 ab	41.36 bc
UNI 50	3.81 d	145.50 ab	26.4 e

Nota. Las letras distintas indican diferencias significativas entre medias según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

La correlación entre el número de racimos y el rendimiento obtenido es alta. Determinado por una correlación de Pearson de $r = 0,85$ (Figura 14). Justificando que el componente de rendimiento, número de racimos, es determinante para definir el rendimiento final obtenido. Asimismo, la correlación entre número de racimos y el peso medio de los mismos es negativa. Definiendo un coeficiente de correlación de Pearson de $r = -0,35$.

Figura 14

Relación entre el número de racimos por planta y el rendimiento (kg/planta)



4.2. Desarrollo vegetativo

4.2.1. Número de pámpanos, largo de pámpano y peso de poda

De acuerdo con los resultados, los diferentes tratamientos de poda se diferenciaron significativamente en el número de pámpanos contabilizados (tabla 2). Esto se atribuye al número de yemas retenidas en la poda (Greven et al., 2015; O'Daniel et al., 2012; Würz et al., 2020). De esta manera, los tratamientos de poda unilateral (UNI 0 y UNI 50) presentaron menor número de pámpanos, seguido de los tratamientos bilateral (BL 0 y BL 50) y bilateral cruzado (BC 0 y BC 50) (Figura 15).

En lo que respecta al largo de los pámpanos, los resultados obtenidos muestran una tendencia mayor en los tratamientos de poda unilateral. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Esta misma tendencia se mantuvo en la variable de peso individual de los pámpanos y peso de poda por planta. Mostrando diferencias significativas en los tratamientos de poda bilateral cruzado respecto al resto. Este comportamiento puede ser explicado por el mayor vigor individual de los pámpanos en podas con menor número de yemas retenidas (Dixon, 2009; Greven et al., 2015). De esta manera, se puede comprobar que la intensidad de poda incide en el

vigor individual de los pámpanos y sarmientos (Francisco, 2024; Muñoz et al., 2022; Poni et al., 2016; Sabbatini et al., 2015; Würz et al., 2020).

Finalmente, para un mismo tratamiento de poda, la inclusión de raleo no repercutió significativamente en las variables de crecimiento vegetativo evaluadas. Esto sugiere que el raleo en enero no tiene implicancias relevantes en la continuidad de crecimiento vegetativo (Miele & Rizzon, 2013).

Tabla 2

Variables de crecimiento vegetativo

Tratamiento	Nº pampanos/ planta	Largo de pámpano (cm)	Peso de poda/planta (kg)	Peso de pámpano (g)
BC 0	19,38 a	156,17 ab	0,55 b	28,22 b
BC 50	18,75 a	103,67 b	0,55 b	29,94 b
BL 50	16,88 b	131,33 ab	0,70 a	41,09 a
BL 0	16,13 bc	130,50 ab	0,66 a	41,62 a
UNI 50	15,00 c	163,67 a	0,69 a	46,11 a
UNI 0	15,00 c	166,83 a	0,66 a	43,85 a

Nota. Las letras distintas indican diferencias significativas entre medias, según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Figura 15

Plantas en receso invernal año 2025



Nota. Tratamientos de poda: a) bilateral cruzado (BC), b) bilateral (BL) y c) unilateral (UNI).

4.2.2. Área foliar

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos a partir de la medición de área foliar (AF) por pámpano y en la planta. Dichos valores se obtuvieron a partir de un modelo matemático, determinado por la relación entre el largo de nervadura de hoja principal y la superficie total de la misma. Variables que mantienen una alta correlación entre sí, con un $r^2 = 0,91$ (Figura 16). En lo que respecta al área foliar total en la planta, no fue posible realizar un análisis estadístico certero, a partir de las repeticiones con las que se contaba.

Conforme a los resultados obtenidos, el área foliar total por pámpano más alta se registró en los tratamientos de poda unilateral (UNI 50 y UNI 0). Mientras que, los resultados más bajos se observaron en BC 50, aunque sin diferencias significativas con el resto de los tratamientos (BC 0, BL 50 y BL 0). En lo que respecta a la variable AF de hoja principal, las diferencias significativas solo fueron evidentes entre los tratamientos UNI 50 y BC 50. Siendo los valores más altos y bajos respectivamente (Tabla 3).

En lo que respecta a la variable AF de feminela, se denota una tendencia mayor en los tratamientos de poda unilateral. Aunque las diferencias significativas no son claras, dado la variabilidad de registros en esta variable. Esto es esperable, asociado a que, en plantas con menor intensidad de poda y mayor vigor de pámpanos, presentan generalmente mayor crecimiento de área foliar secundaria (Ortega-Farias et al., 2007; Theocharis et al., 2024). Conforme a estos resultados, se puede determinar que existe una alta relación entre el largo del pámpano y el AF de feminela, reflejado por un valor de correlación de Pearson de 0,72 (Figura 17). Esto resulta de interés dado que la presencia de feminelas contribuye al área foliar de la planta y por lo tanto a la síntesis de fotoasimilados (Kuljančić et al., 2012).

Es necesario mencionar que la práctica de raleo puede incidir en las variables de AF evaluadas. Siendo que se pierden estructuras vegetativas por acción de dicha actividad. Esto último podría explicar en parte los resultados obtenidos entre tratamientos raleados y no raleados con un mismo tipo de poda.

De forma complementaria, en la figura 18 se presentan fotografías de plantas correspondientes a cada tipo de poda (BC 0, BL 0 y UNI 0). En las mismas se puede visualizar diferencias en la densidad de la canopia entre tratamientos. Presentando el tratamiento BC 0 menor cantidad de racimos expuestos y menor tamaño de hoja, respecto a BL 0 y UNI 0. Esto se atribuye al mayor número de pámpanos en la planta, no así al desarrollo vegetativo individual de los mismos (Muñoz et al., 2022; Ortega-Farias et al., 2007; Theocharis et al., 2024).

Tabla 3

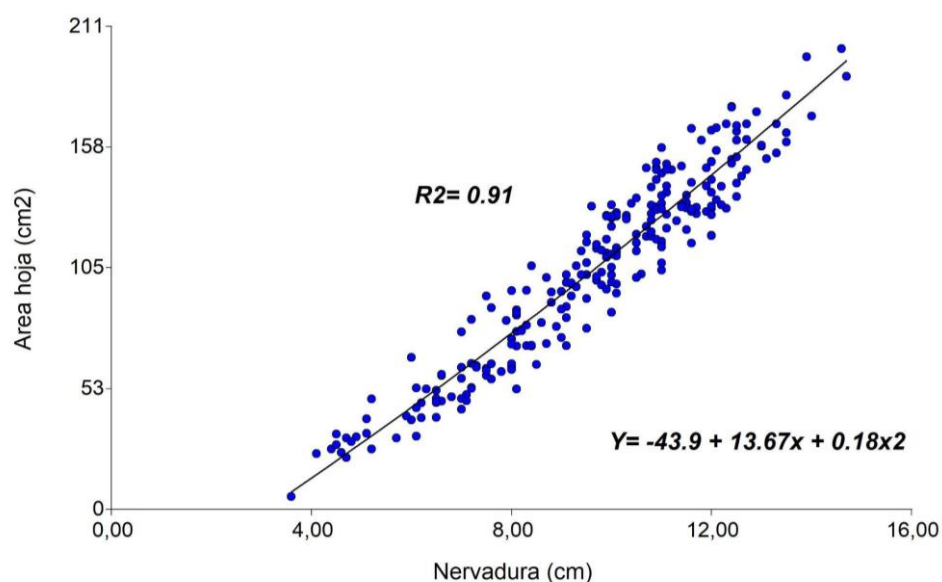
Resultados de área foliar de hoja principal (hp) y feminelas (f)

Tratamiento	Largo de pámpano (cm)	AF hoja principal (cm ²)	AF feminela (cm ²)	AF total hp + f (cm ²)	AF total (cm ² /planta)
UNI 0	166.83 a	2064.83 ab	1218.50 a	3283.33 a	49249
UNI 50	163.67 a	2160.17 a	1182.67 ab	3343 a	50144
BL 50	131.33 ab	1812.67 ab	665.83 abc	2478.50 ab	41837
BL 0	130.50 ab	1763.67 ab	290.83 bc	2054.67 ab	33141
BC 50	103.67 b	1509.67 b	263.67 c	1773.33 b	33250
BC 0	156.17 ab	2029.17 ab	603.67 abc	2632.67 ab	50763

Nota. Las letras distintas indican diferencias significativas entre medias, según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Figura 16

Relación entre el área de hoja principal y el largo de nervadura

**Figura 17**

Relación entre el área foliar de feminela por pámpano y la longitud del pámpano

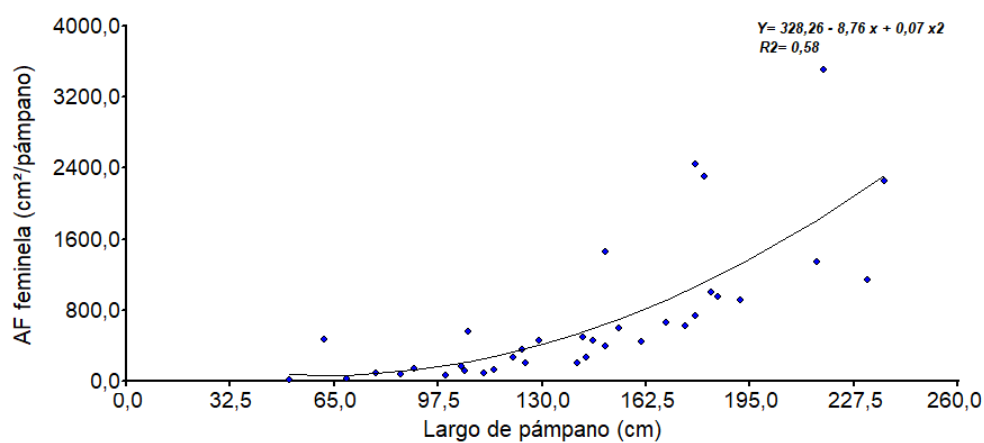
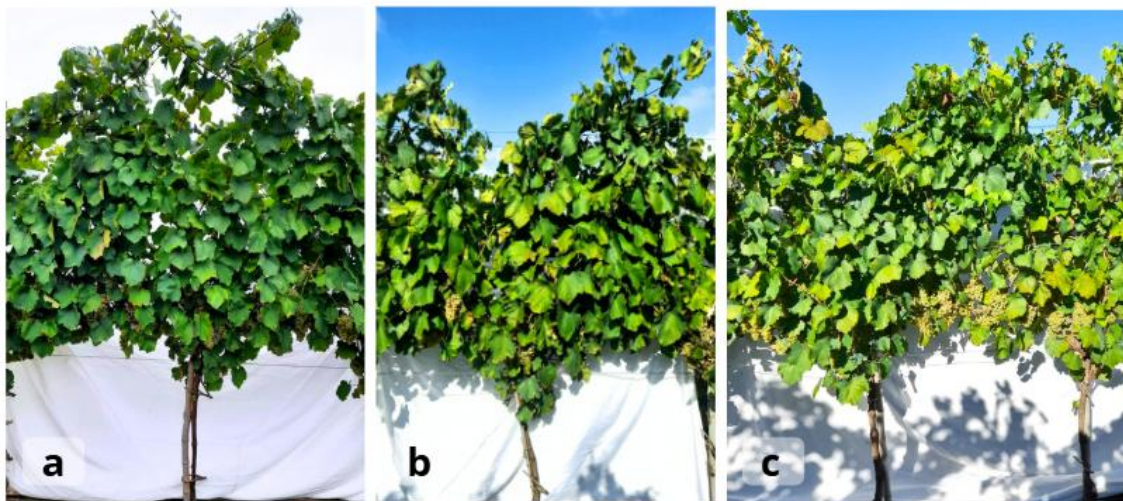


Figura 18*Crecimiento vegetativo por tratamiento de poda*

Nota. Crecimiento vegetativo: a) tratamiento bilateral cruzado (BC 0), b) tratamiento bilateral (BL 0) y c) tratamiento unilateral (UNI 0).

4.3. Índices de equilibrio

4.3.1. Índice de Ravaz y relación fuente/fosa

En lo que respecta al índice de Ravaz, los resultados obtenidos permiten diferenciar estadísticamente a todos los tratamientos evaluados. Evidenciando la influencia de la poda y el raleo en este parámetro fisiológico. Como se mencionó anteriormente, para un mismo tratamiento de poda, el efecto del raleo no influyó en el peso de la madera. Mientras que, el único tratamiento de poda que mostró diferencias significativas en la variable peso de poda fue el bilateral cruzado (BC 0 y BC 50). Esto sugiere que las variaciones en el índice de Ravaz estuvieron determinadas principalmente por la carga de fruta. Por lo tanto, como es de esperar, la inclusión del raleo redujo el valor del índice. Sin embargo, esta disminución no se asoció con un aumento de vigor de los pámpanos.

Conforme a los resultados obtenidos, los diferentes tratamientos de poda presentaron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 4). El valor más alto del índice se le atribuyó al tratamiento BC 0 (14,22), seguido de BL 0 (11,23) y UNI 0 (8,64). En los dos primeros, las plantas se encuentran por fuera del rango sugerido por diversos autores, para diferentes variedades de *Vitis vinifera* L. (Ferrer et al., 2011; Kliewer & Dokoozlian, 2005). El tratamiento BC 0 por tener mayor número de pámpanos, el vigor individual de estos fue menor (tabla 4). También fue el tratamiento con mayor carga de fruta. Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos en este ensayo, se infiere que es el tratamiento con menor vigor en las plantas, asociado a una menor relación fuente/fosa. Finalmente, los tratamientos UNI 0 y UNI 50 son los de mayor vigor, asociado a una mayor tendencia en el largo y peso de los pámpanos. Asimismo, por su relación en la

carga de fruta respecto al resto, el tratamiento UNI 50 fue el de mayor relación fuente/fosa. Esto último puede evidenciarse en los resultados obtenidos (tabla 4). Sin embargo, la falta de repeticiones en las variables de área foliar no permite hacer afirmaciones certeras. Así como tampoco se puede confirmar estadísticamente que BC 0 sea el tratamiento con menor relación fuente/fosa.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por otros autores. Quienes mencionan que un mayor número de yemas en las plantas genera menor peso de poda y mayores rendimientos. Resultando en valores de índice de Ravaz más altos (O'Daniel et al., 2012; Würz et al., 2020).

Tabla 4
Índices de equilibrio

Tratamiento	Peso de poda (kg/planta)	Rendimiento (kg/planta)	IR	AF promedio por planta (m ²)	Relación F/F (m ² AF/Kg fruta)
BC 0	0,55 b	7.77 a	14,22 a	5.10	0.7
BC 50	0,55 b	4.90 c	8,93 c	3.30	0.7
BL 50	0,70 a	4.97 bc	7,16 d	4.20	0.8
BL 0	0,66 a	7.33 a	11,23 b	3.30	0.5
UNI 50	0,69 a	3.81 d	5,67 e	5.00	1.3
UNI 0	0,66 a	5.68 b	8,64 c	4.90	0.9

Nota. Medias con diferente letra indican diferencias estadísticas significativas, según prueba Fisher LSD ($p < 0,05$).

4.4. Composición de bayas: seguimiento de maduración

4.4.1. Evolución de sólidos solubles totales

El contenido de sólidos solubles (°brix) tuvo un aumento progresivo en todos los tratamientos durante el periodo evaluado (Figura 19). Esto es esperable dado que, los azúcares tienden a aumentar su concentración durante la maduración (Famiani et al., 2007). En la primera fecha (20/01/2025) se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), destacándose UNI 50 con mayor valor de °brix. Mientras que, el tratamiento BC 0 fue significativamente el de menor contenido de sólidos solubles.

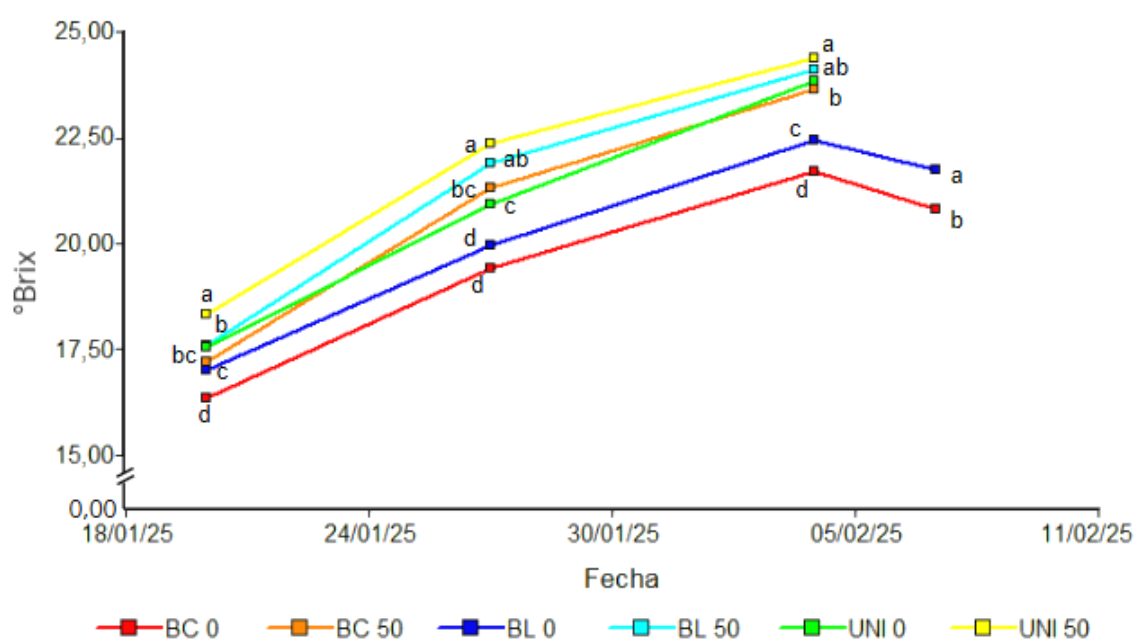
A medida que avanzó la maduración, los tratamientos raleados presentaron mayor valor de °brix, en relación a los no raleados con el mismo tratamiento de poda. Mientras que los tratamientos BL 0 y BC 0 tuvieron los valores más bajos. Al momento de la primera fecha de cosecha (04/02/2025) entre UNI 0 y los tratamientos raleados no hubo diferencias significativas. Por otro lado, dentro de los tratamientos más avanzados en madurez, UNI 50 y BC 50 fueron los que se diferenciaron estadísticamente entre sí.

Para los tratamientos BL 0 y BC 0, por tener una madurez más atrasada respecto al resto, se definió una fecha de cosecha posterior. Sin embargo, se pudo observar que no hubo avance en el aumento de °brix, esto puede vincularse a las condiciones pluviométricas previas a la cosecha.

Los resultados obtenidos coinciden con los de otros autores. Los cuales mencionan que el raleo en enero tiene efectos positivos en adelantar la maduración, con un aumento correspondiente en el contenido de sólidos solubles. Esto en las variedades Syrah (Wang et al., 2022), Malbec (Matus et al., 2006), Garnacha (Diago et al., 2010) y Tempranillo (Diago et al., 2010; Gamero et al., 2014). Por otro lado, se evidenciaron diferencias significativas entre diferentes tratamientos de poda sin raleo. De esta manera, puede determinarse que la intensidad de poda realizada puede incidir en la tasa de maduración y acumulación de azúcares (Greven et al., 2015).

Figura 19

Seguimiento de maduración: contenido de sólidos solubles.



Nota. Las letras distintas indican diferencias significativas entre medias, según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

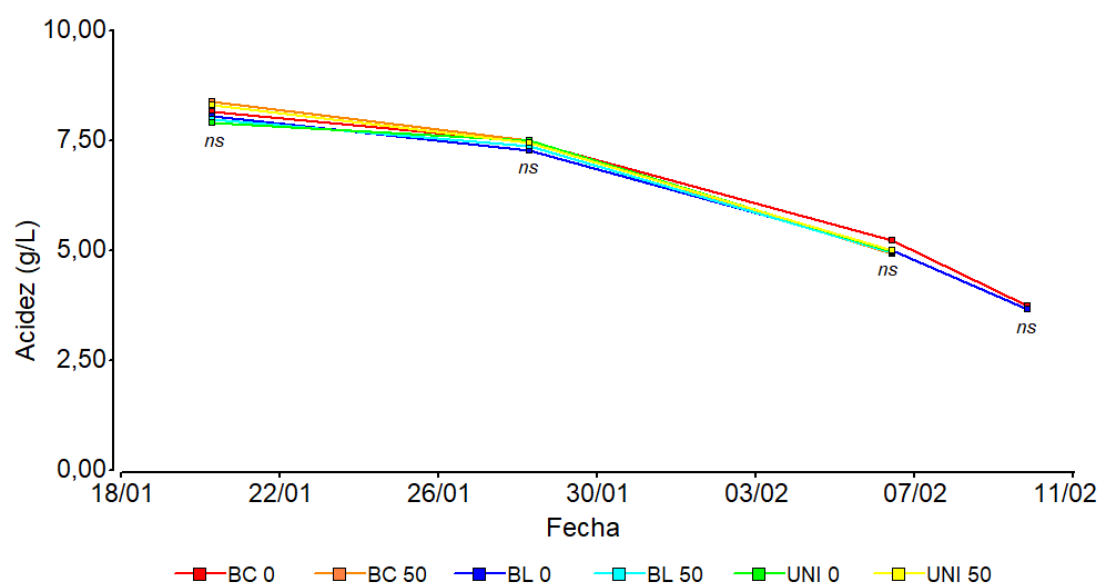
4.4.2. Evolución de acidez titulable y pH

En lo que respecta a la evolución de acidez, en todos los tratamientos se observó un descenso durante el periodo evaluado, alcanzando los valores más bajos hacia la cosecha (Figura 20). Este comportamiento coincide con lo reportado por diversos autores (Dai et al., 2013; DeBolt et al., 2008; Famiani et al., 2007; Hamie et al., 2023; Plantevin et al., 2024). Quienes describen una disminución de los ácidos orgánicos durante la maduración de las bayas de *Vitis vinifera*.

Sin embargo, en ninguna de las fechas evaluadas se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 20). Esto difiere con lo reportado por otros autores, quienes señalan que el raleo (Gamero et al., 2014; Wang et al., 2022) y la disminución en el número de nudos retenidos en la planta (Fawzi et al., 2015) tiene incidencia en una menor concentración de ácidos. Sin embargo, Gamero et al. (2014) mencionan que el contenido de acidez es influenciado por factores estacionales, no siendo claro el efecto del raleo en esta variable. Asimismo, en un estudio realizado por Bonin et al. (2025) no encontraron diferencias significativas contundentes para la variable acidez total, para tratamientos con diferentes números de yemas retenidas en la poda.

Figura 20

Seguimiento de maduración: acidez titulable



Nota. ns: sin diferencias estadísticas significativas, según prueba Fisher LSD.

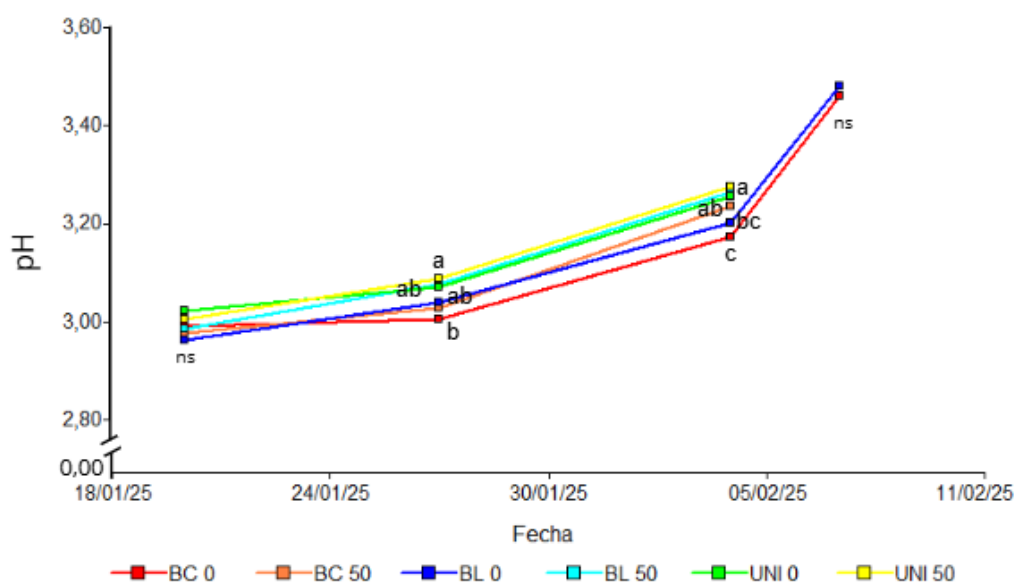
En lo que respecta al pH de las bayas, se observa una tendencia general al aumento en todos los tratamientos durante el periodo de evaluación (Figura 21). Esto es lo esperable y se asocia a la disminución de la acidez en las bayas durante la maduración. Este comportamiento coincide con lo reportado por diversos autores. Quienes mencionan que el incremento de pH durante la maduración se debe a la degradación de ácidos orgánicos y al aumento en el volumen de las bayas (Plantevin et al., 2024).

A diferencia de lo observado con la evolución de la acidez total, el pH presentó diferencias significativas entre plantas raleadas y no raleadas dentro de un mismo tratamiento de poda (fecha 04/02/2025). No obstante, los tratamientos UNI 0 y UNI 50 no presentaron diferencias estadísticas en ninguna de las fechas analizadas. En términos generales, el tratamiento BC 0 presentó los valores más bajos de pH, mientras que UNI 0 presentó los más altos durante el periodo de evaluación. Este comportamiento podría atribuirse a la menor exposición de los racimos en los tratamientos BC 0 en relación a UNI 0. La densidad del dosel puede incidir en la intensidad lumínica y la temperatura

alrededor de los mismos, modificando la degradación de los ácidos, según mencionan algunos autores. Determinando que, los racimos que crecen sombreados presentan mayor concentración de ácidos orgánicos (Candar et al., 2019; Friedel et al., 2015; Muñoz et al., 2022).

Figura 21

Seguimiento de maduración: pH



Nota. Las letras distintas indican diferencias significativas entre medias, según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

4.5. Composición del mosto

4.5.1. Contenido de azúcares y alcohol probable

En la figura 21 se observa que los sólidos solubles totales (SST), expresados en °brix, presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los diferentes tratamientos. En general, los tratamientos raleados mostraron valores más elevados, siendo estadísticamente superiores a los no raleados con el mismo tratamiento de poda. Con excepción de los tratamientos BL 0 y BL 50, que no difirieron estadísticamente entre sí, aunque BL 50 evidenció una tendencia a mayores valores. La mayor concentración de SST se observó en el tratamiento UNI 50 (Tabla 5), coincidiendo con el tratamiento de menor número de racimos y rendimiento por planta. Mientras que la concentración más baja correspondió a BC 0 (Tabla 5), siendo estadísticamente diferente al resto (Figura 22).

De manera consistente con estos resultados, los azúcares totales en el mosto (expresados en g/L) mostraron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 23). Los valores más altos se registraron en los tratamientos raleados, en especial UNI 50

y los más bajos se corresponden a BC 0 (Tabla 5). Esto indica que los tratamientos con mayor carga de fruta presentan menor concentración de azúcares en el mosto, lo que resultó en un menor valor de alcohol probable (Tabla 5).

Estos resultados concuerdan con lo reportado en otros estudios, donde se menciona que el raleo favorece una mayor acumulación de azúcares en las bayas, debido a una mayor disponibilidad de fotoasimilados (Landolt, 2011). Asimismo, los diferentes tratamientos de poda sin raleo (UNI 0, BL 0, BC 0) se diferenciaron estadísticamente, producto del distinto número de racimos por planta, lo que evidencia que la cantidad de yemas que se dejan en la poda también influye en la acumulación de azúcares en las bayas (Greven et al., 2015; Landolt, 2011). De esta manera, los tratamientos con menor carga de fruta registraron los valores más altos de SST, demostrando el efecto del raleo y la intensidad de la poda en la concentración de azúcares.

Tabla 5

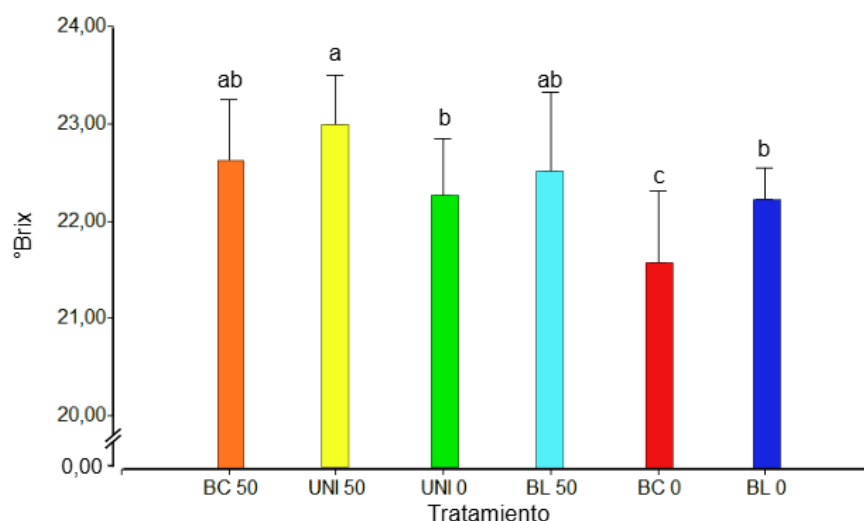
Contenido de azúcares en el mosto

Tratamiento	SST (° Brix)	Azúcares (g/L)	Alcohol probable (%)
BC 0	21.56 ± 0.75	209.83 ± 8.57	12,51 ± 0,51
BC 50	22.61 ± 0.64	221.95 ± 7.41	13,20 ± 0,43
BL 0	22.23 ± 0.32	217.45 ± 3.72	12,93 ± 0,21
BL 50	22.51 ± 0.81	220.80 ± 9.29	13,11 ± 0,54
UNI 0	22.26 ± 0.59	217.85 ± 6.81	12,95 ± 0,43
UNI 50	22.99 ± 0.51	226.13 ± 6.10	13,46 ± 0,36

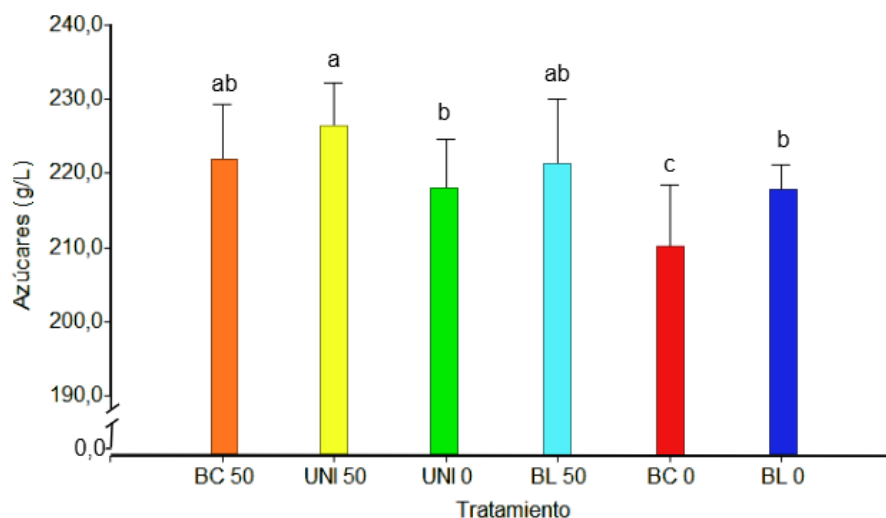
Nota. Para cada variable se presenta la media y el desvío estándar (±)

Figura 22

Composición del mosto: sólidos solubles totales (°brix)



Nota. Las letras distintas indican diferencias significativas entre medias, según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Figura 23*Composición del mosto: azúcares (g/L)*

Nota. Las letras distintas indican diferencias significativas entre medias, según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

4.5.2. Contenido de acidez total y pH

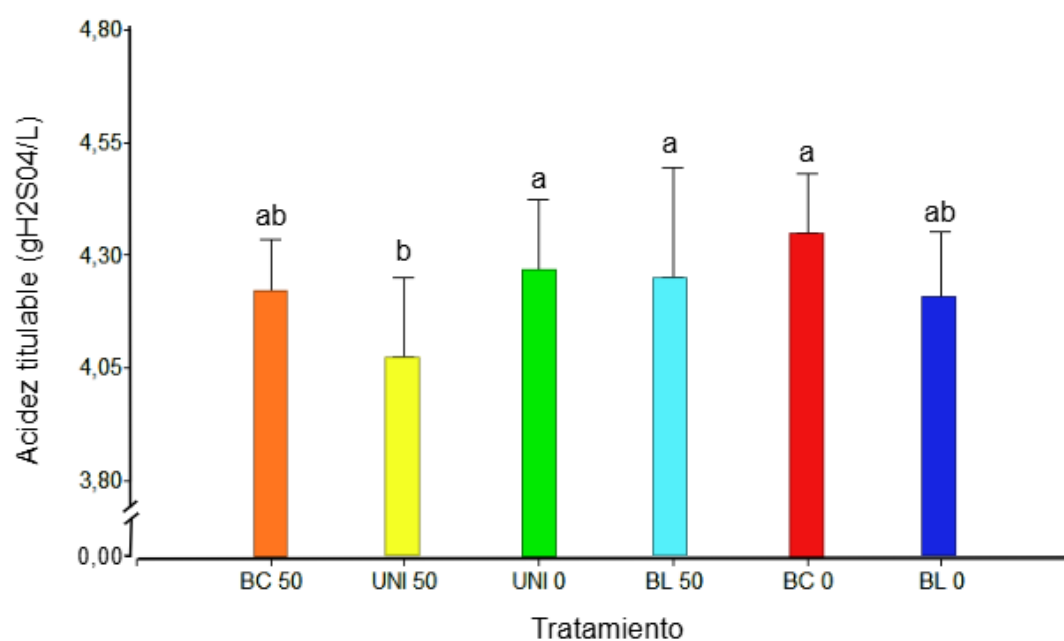
En lo que respecta a la acidez del mosto, UNI 50 registró los valores más bajos y BC 0 los más altos (Tabla 6), siendo estadísticamente diferentes entre sí (Figura 24). En general, los tratamientos raleados tendieron a presentar menor acidez (con excepción de BL 0 y BL 50). Sin embargo, no se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos raleados y no raleados con un mismo tipo de poda, salvo entre UNI 50 y UNI 0. Tampoco se detectaron diferencias claras entre los diferentes tratamientos de poda sin raleo. Estos resultados difieren de lo reportado por diversos autores, quienes mencionan que el raleo (Gamero et al., 2014; Wang et al., 2022) y la intensidad de poda (Landolt, 2011) incide en la acidez de las bayas. Indicando que a menor carga de fruta disminuye la concentración de acidez, en relación inversa con la concentración de azúcares.

En concordancia con la tendencia observada en la acidez, el pH no mostró variaciones claras entre los tratamientos (Figura 25). No obstante, UNI 50, BC 50 y BC 0 fueron los más contrastantes y diferentes estadísticamente. Esta tendencia se asocia a la menor concentración de ácidos en el tratamiento UNI 50 y mayor en BC 0 (Tabla 6).

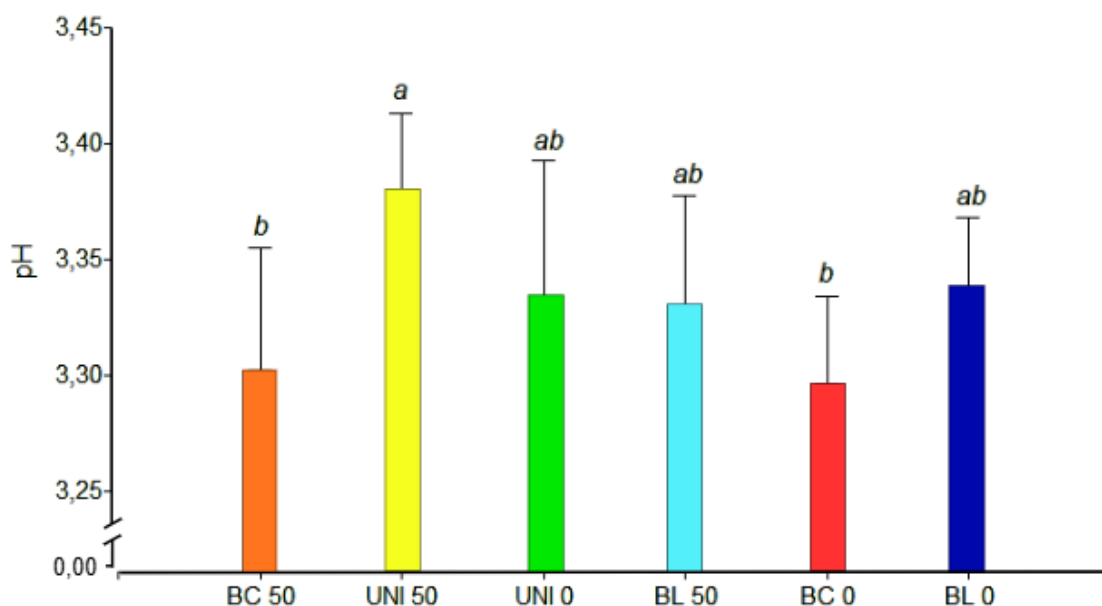
Tabla 6*Acidez y pH del mosto*

Tratamiento	Acidez titulable (g H ₂ SO ₄ /L)	pH
BC 0	4,35 ± 0,13	3,30 ± 0,04
BC 50	4,21 ± 0,12	3,30 ± 0,05
BL 0	4,20 ± 0,15	3,34 ± 0,03
BL 50	4,25 ± 0,24	3,33 ± 0,05
UNI 0	4,26 ± 0,16	3,33 ± 0,06
UNI 50	4,08 ± 0,18	3,38 ± 0,03

Nota. Para cada variable se presenta la media y el desvío estándar (\pm)

Figura 24*Composición del mosto: acidez titulable*

Nota. Las letras distintas indican diferencias significativas entre medias, según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Figura 25*Composición del mosto: pH*

Nota. Las letras distintas indican diferencias significativas entre medias, según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

4.5.3. Contenido de ácido málico y tartárico

En lo que respecta a la concentración de ácido málico (Figura 26) y ácido tartárico (Figura 27) en los mostos, no se notaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Como se mencionó anteriormente, los diferentes tratamientos de poda difirieron en la densidad del dosel. Por lo tanto, el nivel de exposición de los racimos podría influir en la acumulación de estos compuestos. Sin embargo, no es posible demostrarlo con este estudio. Así como tampoco se puede evidenciar la influencia del raleo. Esto último difiere de lo estudiado por otros autores, quienes mencionan que la concentración de ácido málico y tartárico disminuye como efecto del raleo en variedades de *Vitis vinifera* (Aru et al., 2022).

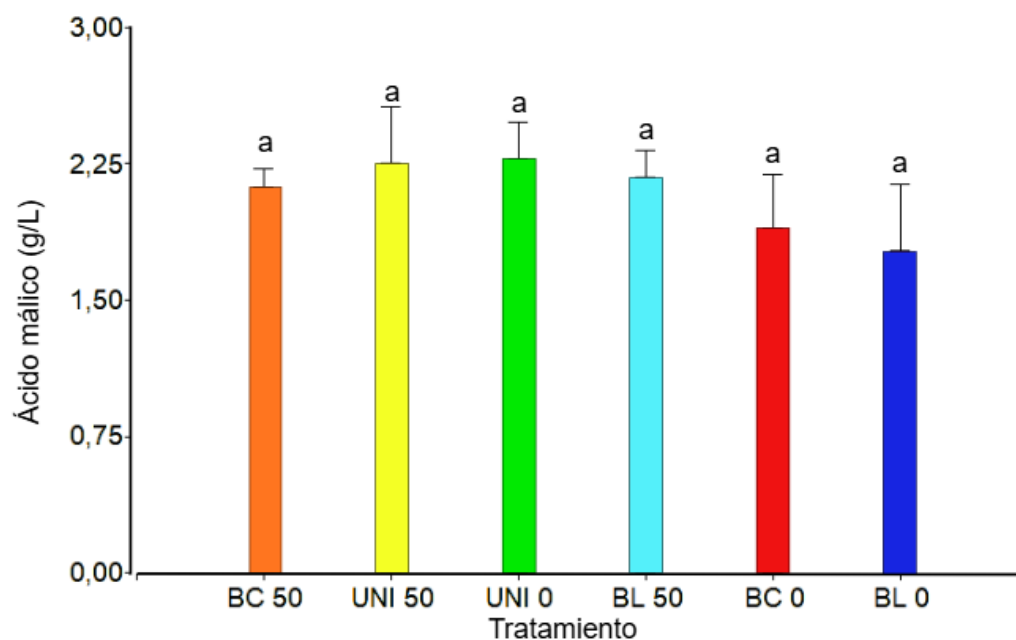
Estudios anteriores realizados por DeBolt et al. (2008) se probó la influencia de la intensidad lumínica en la acumulación de ácidos orgánicos en la variedad Shiraz. En el mismo se deduce que la exclusión de luz en racimos, reduce la concentración de ácido tartárico en las bayas. Asimismo, la reducción de ácido málico pos envero es más lenta en racimos que crecen excluidos de la luz. Concluyendo que la intensidad lumínica incide en la acumulación de estos compuestos. En concordancia, Hernández-Montes et al. (2021) mencionan que el contenido de malato es fuertemente influenciado por las condiciones ambientales, principalmente por la temperatura.

Por otro lado, en un estudio realizado por Wang et al. (2022) en la variedad Syrah, determinaron que el raleo de racimos en envero incidió en una menor concentración de

ácido málico y la acidez total. Sin embargo, no encontraron diferencias significativas en el contenido de ácido tartárico.

Figura 26

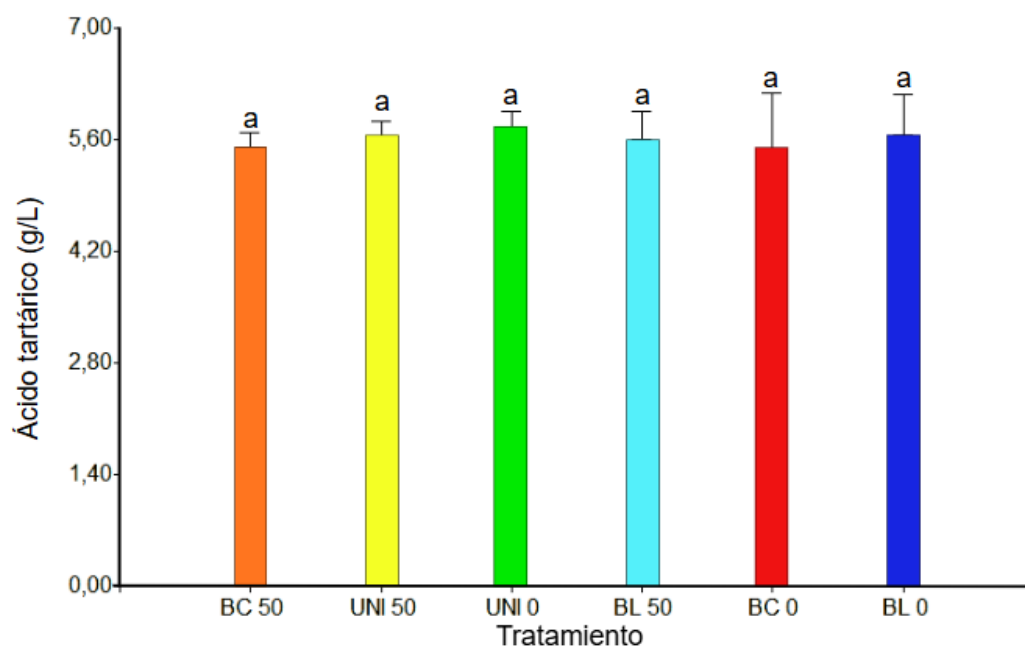
Composición del mosto: ácido málico



Nota. Las letras distintas indican diferencias significativas entre medias, según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Figura 27

Composición del mosto: ácido tartárico



Nota. Las letras distintas indican diferencias significativas entre medias, según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

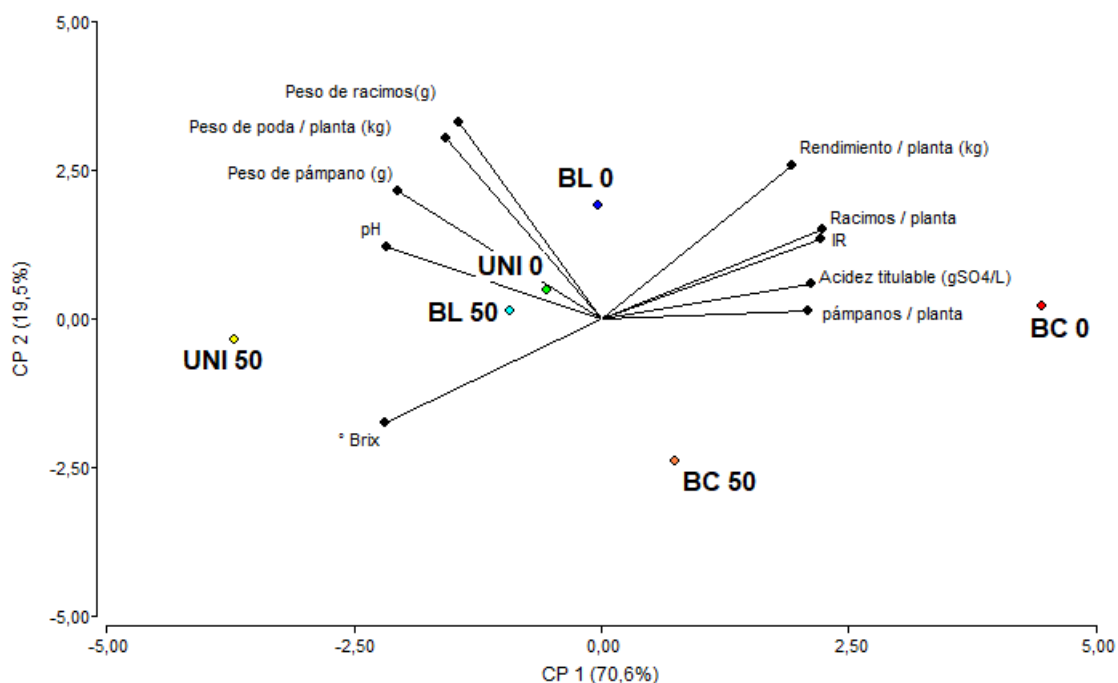
4.6. Comparación de componentes principales

El análisis de componentes principales explicó el 90,1 % de la variabilidad total (CP1: 70,6 % y CP 2: 19,5%) (Figura 28). El componente principal 1 (CP1) vincula las variables rendimiento por planta, racimos por planta, acidez titulable, pámpanos por planta e índice de Ravaz. Determinando una relación positiva entre las mismas. El CP2 explicó la variación asociada al vigor, a través del peso de poda y peso de pámpanos. De esta manera, se determina una relación negativa entre el rendimiento de la planta y el desarrollo vegetativo de la misma, junto al contenido de SST y pH del mosto obtenido.

De esta manera, se puede determinar que los tratamientos BC 0 y BC 50 fueron los que presentaron valores mayores en los componentes de rendimiento, acidez titulable, pámpanos por planta e IR. Destacándose el tratamiento BC 0. No obstante, estos tratamientos se asocian negativamente con el contenido de sólidos solubles y el desarrollo vegetativo de la planta. De lo contrario, el tratamiento UNI 50 fue el que presentó mayor contenido de sólidos solubles, pero menor rendimiento. Mientras que los tratamientos UNI 0 y BL 50 se ubicaron en una situación intermedia y BL 0 se asoció positivamente con el desarrollo vegetativo de la planta y con rendimientos intermedios.

Figura 28

Análisis de componentes principales de las variables evaluadas



5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten concluir que la poda invernal y el raleo de racimos en enero inciden en el equilibrio vegetativo: reproductivo de la variedad Albariño. Las podas con mayor número de yemas se asocian a rendimientos más altos. Este incremento estuvo determinado por un mayor número de racimos por planta y no por un aumento en el peso medio de los mismos, evidenciando una relación inversa entre ambas variables. No obstante, la poda bilateral cruzada no presentó diferencias estadísticas con el testigo, debido a una compensación en el peso medio de los racimos.

Las mayores diferencias se observaron entre los tratamientos de poda bilateral cruzada y unilateral, lo que evidencia la influencia de la intensidad de poda en las variables evaluadas. Además, la implementación de raleo tuvo una incidencia más marcada en el adelantamiento de la madurez en la poda bilateral cruzada, y menor en los de poda unilateral. Esto sugiere que, en plantas con menor carga de fruta, el efecto del raleo sobre la acumulación de azúcares es menos evidente.

El raleo de racimos en enero redujo el rendimiento total, pero favoreció el adelantamiento de la madurez de las bayas, asociado a una mayor concentración de sólidos solubles totales. En relación al contenido de acidez, no fue posible evidenciar una influencia clara de la poda ni del raleo. Asimismo, el contenido de ácido málico y tartárico no mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, lo que sugiere una posible influencia de las condiciones climáticas en la síntesis y acumulación de estos compuestos.

En lo que respecta al desarrollo vegetativo, las plantas con podas más severas obtuvieron menos brotes, pero de mayor vigor. De lo contrario, a menor intensidad de poda aumentó el número de pámpanos cuantificados, pero con menor peso individual. Este comportamiento se reflejó en el índice de Ravaz, que fue significativamente mayor en podas con mayor número de yemas. El raleo no incidió en el desarrollo vegetativo, la reducción en el rendimiento generó valores menores del índice de Ravaz. Esto podría sugerir en algunos tratamientos una mejora en el equilibrio vegetativo: reproductivo de las plantas, sin embargo, no se asoció a un aumento de vigor de los pámpanos. El área foliar total por pámpano tendió a ser mayor en los tratamientos de poda unilateral, vinculado a una mayor presencia de feminelas y mayor longitud del pámpano.

En síntesis, la poda es una medida de manejo que puede ser utilizada para modificar el desarrollo vegetativo y la producción de la planta. Mientras que el raleo es una práctica orientada a mejorar la madurez de las bayas, sin incidencias en el crecimiento de la planta. Asimismo, no fue posible confirmar a la poda bilateral cruzada como alternativa para aumentar el rendimiento. La repetición de estos ensayos, junto con la inclusión de evaluaciones de la vinificación, permitirían validar los resultados obtenidos y alcanzar conclusiones con mayor grado de certeza.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. (2008). Crecimiento y maduración del fruto. En J. Azcón Bieto & M. Talón (Eds.), *Fundamentos de fisiología vegetal* (2ª ed., pp. 519-536). McGraw Hill Interamericana. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Fundamentos deFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
- Aliquó, G., Catania, A., & Aguado, G. (2015). *La poda de la vid*. INTA. https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Aliquo/publication/335636085_LA_PODA_DE_LA_VID/links/5d724cac299bf1cb808add32/LA-PODA-DE-LA-VID.pdf
- Almanza-Merchán, P. J., Fischer, G., & Cely, G. E. (2014). The importance of pruning to the quality of wine grape fruits (*Vitis vinifera* L.) cultivated under high-altitude tropical conditions. *Agronomía Colombiana*, 32(3), 341-348. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n3.47048>
- Alshallash, K. S., Fahmy, M. A., Tawfeeq, A. M., Baghdady, G. A., Abdrabboh, G. A., Hamdy, A. E., & Kabsha, E. A. (2023). GA3 and hand thinning improves physical, chemical characteristics, yield and decrease bunch compactness of Sultanina grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Horticulturae*, 9(2), Artículo e160. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020160>
- Alvarinho B: Wine grape variety. (2023). PlantGrape. <https://www.plantgrape.fr/en/varieties/fruit-varieties/300>
- Aru, V., Nittnaus, A. P., Sørensen, K. M., Engelsens, S. B., & Toldam-Andersen, T. B. (2022). Effects of water stress, defoliation and crop thinning on vitis vinifera L. cv. solaris: Part I: Plant responses, fruit development and fruit quality. *Metabolites*, 12(4), Artículo e363. <https://doi.org/10.3390/metabo12040363>
- Axencia Galega da Calidade Alimentaria. (2024). *Denominación de origen protegida Rías Baixas: Pliego de condiciones*. https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/2017-calidad-diferenciada/nuevo_denominaciones/pliegos-de-condiciones/pliego-condiciones-vinos/dops/rias_baixas_2024_09_30.pdf
- Baietto, B. (2022). *Comportamiento agronómico de variedades promisorias de Vitis vinifera L. y de variedades "Piwi" resistentes a Mildiu y Oídio, en el sur de Uruguay* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/33496>
- Bassiony, S. S. (2020). Effect of bud load levels and summer pruning on vine vigor and productivity of "Flame Seedless" (*Vitis vinifera* L.) grapevines. *Journal of Plant Production*, 11(4), 301-310. https://jpp.journals.ekb.eg/article_95611_bf24b34f01b095ad061f173f59dbd1fe.pdf?utm_source=consensus

- Bentancor de los Santos, L. (2023). *Comportamiento agronómico de albariño (Vitis vinifera L.) en diferentes condiciones agroclimáticas* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/42039>
- Blouin, J., & Guimberteau, G. (2012). *Maduración y madurez de la uva*. Mundi-Prensa.
- Bonin, B., Biasi, L. A., Filho, J. L., Brighenti, A., Soldi, C., Franciscon, V., & Cosmo, A. C. (2025). Agronomic performance of ‘Viognier’ grapevines in subtropical conditions and wine aromatic compounds under different bud numbers retained at pruning. *OENO One*, 59(3). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2025.59.3.9257>
- Bustamante Quiñones, M. (2020). *Evolución del perfil químico de bayas y vinos de la variedad syrah (Vitis vinifera L.) durante la maduración en dos zonas vitícolas contrastantes de la zona centro de Chile* [Tesis de maestría, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/200309>
- Candar, S., Korkutal, I., & Bahar, E. (2019). Effect of canopy microclimate on merlot (*Vitis vinifera* L.) grape composition. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 15431-15446.
http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1706_1543115446
- Carmo Vasconcelos, M., & Castagnoli, S. (2000). Leaf canopy structure and vine performance. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(4), 390-396.
- Concurso, C., Cincotta, F., Tripodi, G., Sparacio, A., Giglio, D., Sparla, S., & Verzera, A. (2016). Effects of cluster thinning on wine quality of Syrah cultivar (*Vitis vinifera* L.). *European Food Research & Technology*, 242(10), 1719–1726.
- Coniberti, A. (2018). *Cobertura vegetal del suelo y riego deficitario para maximizar el control de la disponibilidad hídrica del viñedo en clima húmedo* [Disertación doctoral, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/29390>
- Consellería de Agricultura, Ganadería y Montes. (1996). Orden de 23 de octubre de 1996 por la que se aprueba el Reglamento de la denominación de origen Rías Baixas y de su consejo regulador. *Diario Oficial Galicia*, (212), 9585.
https://www.xunta.gal/dog/Publicados/1996/19961029/AnuncioB2F2_es.html
- Consello Regulador Denominación de Orixe Rías Baixas. (2019). *Memoria ejercicio 2019*. <https://doriasbaixas.com/wp-content/uploads/2021/08/memoria-2019.pdf>
- Coombe, B. G., & McCarthy, M. G. (2000). Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), 131–135. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00171.x>

- Dai, Z. W., Léon, C., Feil, R., Lunn, J. E., Delrot, S., & Gomès, E. (2013). Metabolic profiling reveals coordinated switches in primary carbohydrate metabolism in grape berry (*Vitis vinifera* L.), a non-climacteric fleshy fruit. *Journal of Experimental Botany*, 64(5), 1345-1355.
<https://academic.oup.com/jxb/article/64/5/1345/631777>
- DeBolt, S., Ristic, R., Iland, P. G., & Ford, C. M. (2008). Altered light interception reduces grape berry weight and modulates organic acid biosynthesis during development. *HortScience*, 43(3), 957-961.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.3.957>
- Deloire, A. (2012). A few thoughts on grapevine training systems. *Wineland Magazine*, 274, 82-86. https://cdn-cms.f-static.com/uploads/1127043/normal_5b0cf22c2b447.pdf
- Deloire, A., Rogiers, S., Šuklje, K., Antalick, G., Zeyu, X., & Pellegrino, A. (2021). Grapevine berry shrivelling, water loss and cell death: An increasing challenge for growers in the context of climate change. *IVES Technical Reviews, vine and wine*. <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2021.4615>
- Diago, M. P., Vilanova, M., Blanco, J. A., & Tardaguila, J. (2010). Effects of mechanical thinning on fruit and wine composition and sensory attributes of Grenache and Tempranillo varieties (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16(2), 314-326.
- Di Lorenzo, R., & Pisciotta, A. (2019). Combined influence of bud load and bud position along the cane on vegetative and reproductive parameters of grape cv. Grillo. *BIO Web of Conferences*, 13, Artículo e04012.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20191304012>
- Dixon, R. (2009). *The influence of vine vigour and crop load on Sauvignon blanc vine growth and fruit composition in Marlborough, New Zealand* [Tesis de maestría]. Lincoln University.
- Doğan, O. (2025). Determination of effects of some summer pruning applications on yield and quality characteristics of Alphonse Lavallée (*Vitis vinifera* L.) grape variety. *Horticulturae*, 11(4), Artículo e445.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae11040445>
- Dokoozlian, N. K., & Kliewer, W. M. (1996). Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(5), 869-874.
- Echeverría, G., Ferrer, M., & Mirás-Avalos, J. (2017). Quantifying the relative impact of physical and human factors on the viticultural expression of terroir. *International Journal of Environmental and Agriculture Research*, 3(4), 12-25.
https://www.researchgate.net/publication/316620939_Quantifying_the_relative_impact_of_physical_and_human_factors_on_the_viticultural_expression_of_terroir

- Famiani, F., Casulli, V., Proietti, P., Walker, R. P., & Battistelli, A. (2007). Organic Acid metabolism in grape: Role of Phosphoenolpyruvate Carboxykinase. *Acta Horticulturae*, (754), 599-602.
https://www.researchgate.net/publication/256296683_Organic_Acid_Metabolism_in_Grape_Role_of_Phosphoenolpyruvate_Carboxykinase
- Fawzi, M. I. F., Haggag, L. F., Shahin, M. F. M., Merwad, M. A., & Genaidy, E. A. E. (2015). Effect of vine bud load on bud behavior, yield, fruit quality and wood ripening of superior grape cultivar. *International Journal of Agricultural Technology*, 11(5), 1275-1284.
- Feitosa, C. A. M., Mesquita, A. C., Pavesi, A., Ferreira, K. M., & Feitosa, C. V. M. (2018). Bud load management on table grape yield and quality – cv. Sugrathirteen (Midnight Beauty®). *Bragantia*, 77(4), 577-589.
<https://doi.org/10.1590/1678-4499.2017332>
- Ferrara, G., Mazzeo, A., Matarrese, A. M., Pacucci, C., Trani, A., Fidelibus, M. W., & Gambacorta, G. (2016). Ethephon as a potential abscission agent for table grapes: Effects on pre-harvest abscission, fruit quality, and residue. *Frontiers in Plant Science*, 7, Artículo e620. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00620>
- Ferrer, M., & González Neves, G. (2002). Resultados enológicos y productivos de la aplicación de diversas alternativas de raleo de racimos y distintas intensidades de poda invernal en *Vitis vinifera* L. cv. Tannat. *Agrociencia (Uruguay)*, 6(1), 53-62.
- Ferrer, M., González-Neves, G., Echeverría, G., Camussi, G., Avondet, R., Salvarrey, J., Favre, G., & Fourment, M. (2011). Comportamiento agronómico y potencial enológico de la uva Tannat en tres regiones climáticas uruguayas. *Agrociencia (Uruguay)*, 15(1), 37-49. <https://doi.org/10.31285/AGRO.15.609>
- Francisco, J. (2024). *Poda mecânica na casta Syrah. Efeitos no crescimento vegetativo, reprodutivo e na composição da uva* [Tesis de maestría, Universidad de Lisboa]. Repositório Científico de Acesso Aberto da ULisboa.
<https://repositorio.ulisboa.pt/entities/publication/c9449f32-e4d2-479c-a3f4-60030f1cda79>
- Friedel, M., Stoll, M., Patz, C. D., Will, F., & Dietrich, H. (2015). Impact of light exposure on fruit composition of white Riesling grape berries (*Vitis vinifera* L.). *Vitis*, 54(3), 107-116.
- Gamero, E., Moreno, D., Talaverano, I., Prieto, M. H., Guerra, M. T., & Valdés, M. E. (2014). Effects of irrigation and cluster thinning on Tempranillo grape and wine composition. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 35(2), 196-204.
https://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S2224-79042014000200013&script=sci_arttext
- González-Neves, G., & Ferrer, M. (2008). Efectos del sistema de conducción y del raleo de racimos en la composición de uvas Merlot. *Agrociencia (Uruguay)*, 12(2), 10-18. <https://www.acuedi.org/ddata/5859.pdf>

- Google. (2025). *Google Earth Pro* (versión 7.3.6.10441) [Software].
<https://www.google.com/intl/es/earth/about/versions/>
- Greven, M. M., Bennett, J. S., & Neal, S. M. (2014). Influence of retained node number on Sauvignon Blanc grapevine vegetative growth and yield. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20(2), 263-271.
<https://doi.org/10.1111/ajgw.12074>
- Greven, M. M., Neal, S. M., Hall, A. J., & Bennett, J. S. (2015). Influence of retained node number on Sauvignon Blanc grapevine phenology in a cool climate. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(2), 290-301.
<https://doi.org/10.1111/ajgw.12122>
- Gutiérrez-Gamboa, G., & Mucalo, A. (2025). Adaptive viticulture strategies to enhance resilience and grape quality in cold climate regions in response to climate warming. *Horticulturae*, 11(4), Artículo e394. <https://www.mdpi.com/2311-7524/11/4/394>
- Hamie, N., Nacouzi, D., Choker, M., Salameh, M., Darwiche, L., & El Kayal, W. (2023). Maturity assessment of different table grape cultivars grown at six different altitudes in Lebanon. *Plants*, 12(18), Artículo e3237.
<https://doi.org/10.3390/plants12183237>
- Heazlewood, J. E., Wilson, S., Clark, R. J., & Gracie, A. J. (2006). Pruning effects on Pinot Noir vines. *Vitis*, 45(4), 165-171.
- Hernández, A. (2024). *Respuesta agronómica y enológica de la variedad albariño (Vitis vinifera L.) en distintas condiciones agroecológicas* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Hernández-Montes, E., Zhang, Y., Chang, B. M., Shcherbatyuk, N., & Keller, M. (2021). Soft, sweet, and colorful: Stratified sampling reveals sequence of events at the onset of grape ripening. *American Journal of Enology and Viticulture*, 72(2), 137-151. <https://www.ajevonline.org/content/72/2/137.abstract>
- Hickey, C., & Hatch, T. (2018). *Dormant spur and cane pruning bunch grapevines*. UGA Cooperative Extension Bulletin.
<https://viticulture.uga.edu/files/2022/01/Dormant-Spur-and-Cane-Pruning.pdf>
- Hidalgo, L. (1985). *Poda de la vid* (3ª ed. rev. ampl.). Mundi-Prensa.
- Hidalgo Fernández-Cano, L., & Hidalgo Togores, J. (2019). *Tratado de viticultura* (5ª ed., rev. ampl.). Mundi-Prensa.
- Hidalgo Togores, J. (2011). *Tratado de enología* (vol. 1, 2ª ed. rev. ampl.). Mundi-Prensa.
- Howell, G. S. (2001). Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(3), 165-174.
<https://www.ajevonline.org/content/52/3/165.short>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (s.f.). *Banco de datos agroclimáticos*. <https://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2024). *Reporte anual: Registro de viñedos: Uruguay 2024*. <https://www.inavi.com.uy/uploads/vinedo/346bb91b94f57f26d3e293b52fc0059a83b273cf.pdf>
- International Organisation of Vine and Wine. (2024). *World Vitivinicultural Statistics 2013-2014*. <https://www.oiv.int/sites/default/files/2022-09/oiv-world-vitivinicultural-statistics-2013-2014-en.pdf>
- Keller, M., Zhang, Y. U. N., Shrestha, P. M., Biondi, M., & Bondada, B. R. (2015). Sugar demand of ripening grape berries leads to recycling of surplus phloem water via the xylem. *Plant, Cell & Environment*, 38(6), 1048-1059. <https://doi.org/10.1111/pce.12465>
- Kliewer, W. M., & Dokoozlian, N. K. (2005). Leaf area/crop weight ratios of grapevines: Influence on fruit composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56(2), 170-181.
- Kok, D. (2011). Influences of pre-and post-veraison cluster thinning treatments on grape composition variables and monoterpene levels of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(1), 22-26.
- Kuljančić, I. D., Paprić, D., Korać, N., Božović, P., Borišev, M., Medić, M., & Ivanišević, D. (2012). Photosynthetic activity in leaves on laterals and top leaves on main shoots of Sila cultivar before grape harvest. *African Journal of Agricultural Research*, 7(13), 2072-2074. <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/F6F9E7C38843>
- Landolt, J. S. (2011). *Effects of pruning level and canopy management practices on berry maturation rate and harvest parameters of Syrah wine grapes* [Tesis de maestría, California Polytechnic State University]. ProQuest <https://www.proquest.com/openview/0e58828dd5d3ff63e935261133193b4b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Lavín, A., Lobato, A., Muñoz, I., & Valenzuela, J. (2003). *Viticultura: Poda de la vid*. INIA.
- Lavín, A., Silva, R., & Sotomayor, J. P. (1999). *Manual básico de viticultura*. INIA.
- Li, Y. M., Forney, C., Bondada, B., Leng, F., & Xie, Z. S. (2021). The molecular regulation of carbon sink strength in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Frontiers in Plant Science*, 11, Artículo e606918. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.606918>
- Martínez de Toda, F. (1991). *Biología de la vid: Fundamentos biológicos de la viticultura*. Mundi-Prensa.
- Matus, M., Rodríguez, J., & Ocvirk, M. (2006). Raleo de racimos en *Vitis vinifera* cv. Malbec: Efecto sobre los componentes del rendimiento y la composición polifenólica de las bayas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 38(1), 105-112. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/771/matusAgrarias1-06.pdf

- Miele, A., & Rizzon, L. A. (2013). Intensidades da poda seca e do desbaste de cacho na composição da uva Cabernet Sauvignon. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(4), 1081-1092. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000400020>
- Monteiro, A. I., Malheiro, A. C., & Bacelar, E. A. (2021). Morphology, physiology and analysis techniques of grapevine bud fruitfulness: A review. *Agriculture*, 11(2), Artículo e127. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020127>
- Muñoz, J., Ellis, D., Villasenor, C., Anderson, M., Walker, M. A., Afriyie, P., & Dodson Peterson, J. C. (2022). The effect of spur position and pruning severity on shoot development. *Agronomy*, 12(7), Artículo e1634. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071634>
- O'Daniel, S. B., Archbold, D. D., & Kurtural, S. K. (2012). Effects of balanced pruning severity on Traminette (*Vitis* spp.) in a warm climate. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63(2), 284-290. <https://www.ajevonline.org/content/63/2/284.short>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2024). *Anuario estadístico agropecuario 2024*. MGAP. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/diea/anuario2024>
- Ortega-Farias, S., Salazar Mejías, R., & Moreno Simunovic, Y. (2007). Efecto de distintos niveles de poda y reposición hídrica sobre el crecimiento vegetativo, rendimiento y composición de bayas en Vides Cv. Cabernet Sauvignon. *Agricultura Técnica*, 67(4), 401-413. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072007000400008>
- Peppi, M. C., & Kania, E. (2013). Effects of spur or cane pruning on fruit composition of 'Cabernet Sauvignon' grapes. *Acta Horticulturae*, (1157), 17-20. https://www.actahort.org/books/1157/1157_3.htm
- Peynaud, E. (1999). *Enología práctica: Conocimiento y elaboración del vino* (3ª ed., rev. ampl.). Mundi-Prensa.
- Plantevin, M., Merpault, Y., Lecourt, J., Destrac-Irvine, A., Dijkstra, L., & Van Leeuwen, C. (2024). Characterization of varietal effects on the acidity and pH of grape berries for selection of varieties better adapted to climate change. *Frontiers in Plant Science*, 15, Artículo e1439114. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1439114>
- Poni, S., Gatti, M., Palliotti, A., Dai, Z., Duchêne, E., Truong, T. T., Ferrara, G., Matarrese, A.M., Gallotta, A., Bellincontro, A., Mencarelli, F., & Tombesi, S. (2018). Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*, 234, 445-462.
- Poni, S., Tombesi, S., Palliotti, A., Ughini, V., & Gatti, M. (2016). Mechanical winter pruning of grapevine: Physiological bases and applications. *Scientia Horticulturae*, 204, 88-98. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.046>

- Reynier, A., Sotes Ruiz, V., De la Iglesia Gonzalez, J.A., & Lissarrague Gutierrez, J.R. (1995). *Manual de viticultura* (5ª ed. rev. ampl.). Mundi-Prensa.
- Reynolds, A., & Wardle, D. (2001). Evaluation of minimal pruning upon vine performance and berry composition of chancellor. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(1), 45-48.
- Sabbatini, P., Wierba, K., Clearwater, L., & Howell, G. S. (2015). Impact of training system and pruning severity on yield, fruit composition, and vegetative growth of 'Niagara' grapevines in Michigan. *International Journal of Fruit Science*, 15(3), 237-250. <https://doi.org/10.1080/15538362.2015.1009971>
- Salvarrey, J. (2016). *Relación fuente -fosa en Vitis Vinifera L. cv Tannat, en respuesta a dos técnicas de cultivo* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/31271>
- Silvestre, J. P., Roberto, S. R., Colombo, R. C., Gonçalves, L. S. A., Koyama, R., Shahab, M., Ahmed, S., & de Souza, R. T. (2017). Bunch sizing of 'BRS Nubia' table grape by inflorescence management, shoot tipping and Berry thinning. *Scientia Horticulturae*, 225, 764-770. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.018>
- Sivilotti, P., Falchi, R., VanderWeide, J., Sabbatini, P., Bubola, M., Vanzo, A., Klemen, L., Peterlunger, E., & Herrera, J. C. (2020). Yield reduction through cluster or selective berry thinning similarly modulates anthocyanins and proanthocyanidins composition in Refosco dal peduncolo rosso (*Vitis vinifera* L.) grapes. *Scientia Horticulturae*, 264, Artículo e109166. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109166>
- Tachini, R. (2021). *Estudio meso climático del nuevo terroir vitícola atlántica de Uruguay: Evaluación en Vitis vinifera L. cv. Tannat y Albariño* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/32678>
- Theocharis, S., Gkrimpizis, T., Karadimou, C., Nikolaou, K. E., Koundouras, S., & Taskos, D. (2024). Exploring the interplay of bud load and pruning type in shaping 'Xinomavro' (*Vitis vinifera* L.) vine growth, yield, and berry composition. *Horticulturae*, 10(10), Artículo e1111.
- Tomasi, D., Gaiotti, F., Petoumenou, D., Lovat, L., Belfiore, N., Boscaro, D., & Mian, G. (2020). Winter pruning: Effect on root density, root distribution and root/canopy ratio in *Vitis vinifera* cv. Pinot Gris. *Agronomy*, 10(10), Artículo e1509. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101509>
- Van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., Gowdy, M., Farris, L., Pieri, P., Marolleau, L., & Gambetta, G. A. (2023). An operational model for capturing grape ripening dynamics to support harvest decisions. *OENO One*, 57(2), 505-522. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.2.7399>

- VanderWeide, J., Nasrollahiazar, E., Schultze, S., Sabbatini, P., & Castellarin, S. D. (2024). Impact of cluster thinning on wine grape yield and fruit composition: A review and meta-analysis. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2024(1), Artículo e2504396.
- Vilanova, M., Zamuz, S., Tardáguila, J., & Masa, A. (2008). Descriptive analysis of wines from *Vitis vinifera* cv. Albariño. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(5), 819-823. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3157>
- Vivai Cooperativi Rauscedo. (2013). *Catálogo general de las variedades y clones de uva de vino y de mesa*. <https://vivairauscedo.com/contributi/download/catalogo-es-2020.pdf>
- Vivero, J. (2021). *Diseño y dimensionamiento de una bodega de vino tinto y vino blanco con las variedades Albariño, Mencía y Espadeiro para una producción de 219.000 kg bajo la Denominación de Origen Rías Baixas en el Término Municipal de Ribadumia (Pontevedra)*. [Trabajo final de grado, Universidad politécnica de Madrid]. Archivo digital UPM. <https://oa.upm.es/69085/>
- Wang, W., Liang, Y., Quan, G., Wang, X., & Xi, Z. (2022). Thinning of cluster improves berry composition and sugar accumulation in Syrah grapes. *Scientia Horticulturae*, 297, Artículo e110966. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110966>
- Wolpert, J. A., Howell, G. S., & Mansfield, T. K. (1983). Sampling Vidal blanc grapes: I. Effect of training system, pruning severity, shoot exposure, shoot origin, and cluster thinning on cluster weight and fruit quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 34(2), 72-76. <https://www.ajevonline.org/content/34/2/72.short>
- Würz, D.A., Bonin, B., Brighenti, A., Canossa, A., Reinehr, J., Allebrandt, R., de Bem, B., Rufato, L., & Kretschmar, A. (2020). Maior carga de gemas da videira resulta em melhora dos índices produtivos e vegetativos da videira ‘Cabernet Franc’ cultivada em região de elevada altitude. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 19(2), 117-177. <https://doi.org/10.5965/223811711922020171>
- Zhong, H., Yadav, V., Wen, Z., Zhou, X., Wang, M., Han, S., Pan, M., Zhang, C., Zhang, F., & Wu, X. (2023). Comprehensive metabolomics-based analysis of sugar composition and content in berries of 18 grape varieties. *Frontiers in Plant Science*, 14, Artículo e1200071. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1200071>
- Zhuang, S., Tozzini, L., Green, A., Acimovic, D., Howell, G. S., Castellarin, S. D., & Sabbatini, P. (2014). Impact of cluster thinning and basal leaf removal on fruit quality of Cabernet Franc (*Vitis vinifera* L.) grapevines grown in cool climate conditions. *HortScience*, 49(6), 750-756. <https://journals.ashs.org/view/journals/hortsci/49/6/article-p750.xml>