

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN Y SÍNTESIS DE COMPUESTOS FENÓLICOS  
DE PLANTAS DE MARSELAN SOMETIDAS A REGULACIÓN FUENTE/FOSA EN  
DOS TERROIR VITÍCOLAS DEL SUR DE URUGUAY**

**por**

**María Fernanda LAUZ FERNÁNDEZ**

**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 – Sin Obra Derivada**”.



## Página de aprobación

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

---

Ing. Agr. (Dr.) Gerardo Echeverría

Codirector/a:

---

Ing. Agr. (Dr.) Guzmán Favre Silva

Tribunal:

---

Ing. Agr. (Dr.) Gustavo González-Neves

---

Ing. Agr. (Dr.) Andrés Coniberti

Fecha:

11 de abril de 2025

Estudiante:

---

María Fernanda Lauz Fernández

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que han hecho posible la realización de este trabajo final de grado.

En primer lugar, agradezco profundamente a mis tutores y profesores, Gerardo Echeverría, Guzmán Favre, Bruno Izquierdo, por su orientación, paciencia y dedicación a lo largo de todo el proceso. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo y para mi crecimiento académico.

A mi familia, quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional. Gracias por estar a mi lado en cada paso de este camino, por su comprensión, aliento y por darme fuerzas en los momentos más difíciles. Sin su apoyo constante, este logro no hubiera sido posible.

A Matías, quien ha estado a mi lado en cada paso de este camino. Gracias por tu paciencia y apoyo constante. Tu presencia, tu comprensión y tus palabras de aliento me dieron la fortaleza para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Este logro también es tuyo, porque sin ti no hubiera sido posible llegar hasta aquí.

A mi querido abuelo, que ya no está físicamente, pero siempre vive en mi corazón. Gracias por tu amor, tus enseñanzas y la fuerza que me diste durante toda mi vida. Aunque no hayas podido ver este logro, sé que de alguna manera sigues siendo mi inspiración y motor en todo lo que hago. Te llevo siempre conmigo, en cada paso.

A la Facultad de Agronomía, por brindarme la oportunidad de formarme en un entorno académico de excelencia. Gracias a sus recursos y su compromiso con la educación, pude alcanzar mis objetivos.

Asimismo, agradezco a Bodega Garzón y Giménez Méndez por permitir la realización de este trabajo en sus establecimientos, y apoyar en la búsqueda de nuevo conocimiento.

Finalmente, a mis amigos y compañeros de estudio, por su apoyo constante y por compartir este viaje académico conmigo.

A todos ustedes, muchas gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

Página de aprobación .....	3
AGRADECIMIENTOS .....	4
LISTA DE FIGURAS .....	7
RESUMEN.....	9
SUMMARY .....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. OBJETIVO.....	14
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	15
3.1 MARSELAN .....	15
3.2 MORFOLOGÍA DE LA BAYA.....	16
3.3 DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE LA BAYA.....	16
3.3.1 Fase I .....	17
3.3.2 Fase II .....	17
3.3.3 Fase III .....	18
3.4 FACTORES QUE INCIDEN EN LA COMPOSICIÓN DE LA UVA.....	19
3.4.1 Factores Ambientales .....	19
3.4.1.1 Estado hídrico.....	19
3.4.1.2 Radiación y Temperatura .....	20
3.4.1.3 Suelo .....	21
3.4.2 Factores Culturales.....	22
3.4.2.1 Sistema de conducción.....	22
3.4.2.2 Conducción en Lira.....	22
3.4.2.3 Conducción en espaldera .....	23
3.4.2.4 Deshojado: cuajado y prefloración.....	23
3.4.2.5 Raleo.....	25
3.4.3 Compuestos fenólicos .....	26
3.4.3.1 Flavonoles .....	27
3.4.3.2 Antocianos.....	27
3.4.3.3 Taninos.....	28
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
4.1 CARACTERÍSTICAS DEL VIÑEDO .....	30
4.1.1 Descripción.....	30
4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	30
4.2.1 Tratamientos.....	30
4.2.1.1 Tratamiento control (TC).....	30

4.2.1.2	Deshoje prefloración (DPF) .....	31
4.2.1.3	Deshoje en cuajado con ajuste de carga (DC+R) .....	31
4.3	DETERMINACIONES ANALÍTICAS.....	31
4.3.1	Muestreo de bayas .....	31
4.4	ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DE LA UVA.....	31
4.4.1	Análisis de rutina .....	31
4.4.2	Análisis de polifenoles. ....	32
4.4.2.1	Extracción desde hollejos y semillas.....	32
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
5.1	CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA DE CADA VENDIMIA Y PREDIO CONSIDERADO .....	35
5.1.1	Índice Ravaz.....	38
5.1.2	Evolución del peso de baya.....	40
5.1.2.1	Proporción de hollejos y semillas.....	42
5.2	EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LA BAYA DURANTE LA MADURACIÓN .....	43
5.2.1	Acidez Total.....	43
5.2.2	Sólidos Solubles .....	45
5.2.3	Evolución del pH.....	47
5.2.4	Polifenoles totales.....	50
5.2.5	Taninos.....	54
5.2.6	Antocianos.....	61
6.	CONCLUSIONES .....	66
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Estructura de la baya</i> .....	16
Figura 2 <i>Curva de crecimiento y desarrollo de la baya</i> .....	19
Figura 3 <i>Evolución de los taninos y antocianos en la maduración de la baya</i> .....	29
Figura 4 <i>Temperaturas máximas registradas en el ciclo 2020-2021 para Garzón</i> .....	36
Figura 5 <i>Temperaturas máximas registradas en el ciclo 2020-2021 para Los Cerrillos</i> .....	36
Figura 6 <i>Suma térmica en grados día (GD) para Los Cerrillos y Garzón</i> .....	37
Figura 7 <i>Heliofanía relativa (hs) durante el ciclo de la vid</i> .....	37
Figura 8 <i>Índice Ravaz en los diferentes tratamientos según sitio de cultivo</i> .....	40
Figura 9 <i>Evolución en el peso de la b González-Neves aya en el mes previo a la cosecha</i> .....	40
Figura 10 <i>Proporción de hollejos y semillas en la baya según sitio</i> .....	42
Figura 11 <i>Evolución de la acidez durante la maduración según sitio</i> .....	44
Figura 12 <i>Evolución de la acidez según tratamiento</i> .....	44
Figura 13 <i>Evolución de los sólidos solubles en la maduración según sitio</i> .....	46
Figura 14 <i>Evolución de los Sólidos solubles según tratamiento</i> .....	47
Figura 15 <i>Evolución del pH durante la maduración según sitio de cultivo</i> .....	48
Figura 16 <i>Evolución del pH según tratamiento</i> .....	49
Figura 17 <i>Contenido de polifenoles totales según sitio de cultivo</i> .....	50
Figura 18 <i>Contenido de polifenoles totales expresados por kilogramo de uva en los sitios de cultivo</i> .....	52
Figura 19 <i>Evolución de la síntesis de polifenoles totales en la cosecha según tratamientos</i> .....	53
Figura 20 <i>Contenido de polifenoles totales en las semillas por tratamiento en la cosecha</i> .....	54
Figura 21 <i>Evolución de la síntesis de taninos en los hollejos durante la maduración</i> ..	55
Figura 22 <i>Evolución del contenido de taninos de hollejos expresado por kilogramo de uva</i> .....	56
Figura 23 <i>Contenido de taninos de hollejos en cosecha por tratamiento y sitio</i> .....	57
Figura 24 <i>Contenido de taninos en los hollejos expresados en kilogramos de uva en la cosecha</i> .....	58
Figura 25 <i>Contenido de taninos en las semillas durante la maduración en ambos sitios de cultivo</i> .....	59
Figura 26 <i>Contenido de taninos en las semillas por tratamiento en cosecha</i> .....	61
Figura 27 <i>Contenido de antocianos en el último mes de maduración para los sitios de</i>	

<i>cultivo</i> .....	62
Figura 28 <i>Evolución del contenido de antocianos expresados en kilogramos de uva durante la maduración</i> .....	63
Figura 29 <i>Contenido de antocianos en la cosecha por tratamiento</i> .....	64
Figura 30 <i>Contenido de antocianos expresado en kilogramos de uva por tratamientos en la cosecha</i> .....	65

## RESUMEN

La vitivinicultura en Uruguay ha experimentado una evolución constante, impulsada por la búsqueda de mayor calidad y su inserción en el mercado internacional. En este contexto, la variedad Marselan, un cruce entre Grenache Noir y Cabernet Sauvignon, ha evidenciado un alto potencial enológico. Sin embargo, la información científica sobre su comportamiento en distintos terroir y a diferentes manejos agronómicos es escasa. Este estudio tiene como principal objetivo analizar el impacto de la regulación en la relación fuente-fosa durante la maduración de la baya y en la síntesis de compuestos fenólicos en dos regiones vitícolas del sur de Uruguay.

El estudio se realizó durante la temporada 2020-2021 en viñedos comerciales en Los Cerrillos y Garzón, dos regiones con diferencias marcadas en cuanto a suelo y clima. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con tres tratamientos: (1) tratamiento control (TC) sin intervención, (2) deshoje en prefloración (DPF) realizado en el estado fenológico 17 de Eichhorn y Lorenz, y (3) deshoje en cuajado con ajuste de carga (DC+R) realizado en el estado 27 de Eichhorn y Lorenz, seguido de raleo de racimos entre los estados 33 y 35 de la misma escala. Se llevaron a cabo muestreos de bayas en tres momentos previos a la cosecha y se analizaron sólidos solubles, acidez, pH, polifenoles totales, antocianos y taninos. Para el análisis de polifenoles totales, se utilizó el método de Folin-Ciocalteu, y se midió la absorbancia a 765nm. La cuantificación de antocianos totales se realizó mediante el método de Ribièreau-Gayon y Stonestreet (1965), midiendo la absorbancia a 520 nm. Los taninos fueron determinados mediante el método de precipitación con metilcelulosa según Sarneckis et al. (2006), se midió la absorbancia a 280nm. Los diferentes métodos empleados permitieron evaluar la concentración y evolución de los diferentes compuestos fenólicos en tres momentos durante la maduración de la baya.

Los resultados mostraron que el tratamiento DC+R permitió incrementar la acumulación de sólidos solubles, polifenoles totales y antocianos en ambas localidades. Destacando en la localidad de Los Cerrillos, donde dicho tratamiento aceleró la maduración de la baya y permitió mayores niveles de síntesis de metabolitos secundarios. Por su parte, el tratamiento DPF mostró un comportamiento diferenciado según el terroir: en Los Cerrillos, no tuvo un impacto significativo en la acumulación de compuestos fenólicos ni en la maduración de la baya, mientras que en Garzón este tratamiento redujo la producción y favoreció la síntesis de polifenoles totales y antocianos en la baya.

Los hallazgos de este estudio destacan la importancia del manejo de la relación fuente fosa mediante técnicas de deshojado y ajuste de carga que se adapten a las condiciones específicas de cada terroir, permitiendo optimizar la maduración y mejorar la calidad enológica de la uva que permitan elaborar vinos de alta gama con Marselan, contribuyendo al desarrollo de la industria vitivinícola en Uruguay.

*Palabras clave:* regulación fuente-fosa, maduración, metabolitos secundarios, Marselan, terroir

## SUMMARY

Viticulture in Uruguay has undergone constant evolution, driven by the pursuit of higher quality and its integration into the international market. In this context, the Marselan variety, a cross between Grenache Noir and Cabernet Sauvignon, has demonstrated high oenological potential. However, scientific information regarding its behavior under different terroirs and agronomic management practices remains scarce. This study aims to analyze the impact of source-sink regulation on berry ripening and the synthesis of secondary metabolites in two viticultural regions in southern Uruguay.

The study was conducted during the 2020-2021 season in commercial vineyards located in Los Cerrillos and Garzón, two regions with marked differences in soil and climate. A randomized complete block experimental design was used, with three treatments: (1) control treatment (TC) with no intervention, (2) pre-flowering leaf removal (DPF) performed at Eichhorn and Lorenz phenological stage 17, and (3) fruit set leaf removal with crop thinning (DC+R) performed at stage 27, followed by cluster thinning between stages 33 and 35 of the same scale. Berry samples were collected at three time points before harvest, analyzing soluble solids, acidity, pH, total polyphenols, anthocyanins, and tannins. Total polyphenols were analyzed using the Folin-Ciocalteu method, measuring absorbance at 765 nm. Total anthocyanins were quantified using the Ribéreau-Gayon and Stonestreet (1965) method, measuring absorbance at 520 nm. Tannins were determined through the methylcellulose precipitation method according to Sarneckis et al. (2006), with readings taken at 280 nm using a spectrophotometer. These methods allowed for the evaluation of the concentration and evolution of different phenolic compounds at three key moments during berry ripening.

The results showed that the DC+R treatment increased the accumulation of soluble solids, total polyphenols, and anthocyanins in both locations, with a more pronounced effect in Los Cerrillos, where it accelerated berry ripening and enhanced the synthesis of secondary metabolites. The DPF treatment exhibited terroir-dependent behavior: in Los Cerrillos, it had no significant impact on phenolic compound accumulation or berry ripening, whereas in Garzón, it reduced yield and promoted the synthesis of total polyphenols and anthocyanins in the berries.

The findings of this study highlight the importance of managing the source-sink relationship through leaf removal and crop load adjustment techniques tailored to specific terroir conditions. These strategies optimize ripening and improve the

oenological quality of Marselan grapes, contributing to the production of high-end wines and the development of the Uruguayan wine industry.

*Keywords:* source-sink regulation, ripening, secondary metabolites, Marselan, terroir

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios la producción vitivinícola en el Uruguay ha sufrido una constante evolución, siendo la búsqueda de productos de mayor calidad y la inserción al mercado internacional, promotores de dichos cambios.

Previo al ingreso de Uruguay en el Mercosur (Terra, 1998), el sector se encontraba con una fuerte protección arancelaria, con elevados costos de producción y vinos que no cumplían con las expectativas del mercado internacional.

La incorporación del Uruguay en el Mercosur abrió nuevas oportunidades, principalmente en la exportación y colocación de vinos en el exterior. Si bien esto fue un impulso para la exportación el sector no contaba con variedades que permitieran producir vinos con la calidad requerida para ser competitivos en el mercado internacional. Por este motivo el Instituto Nacional de Vitivinicultura en conjunto con el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, propusieron una reconversión varietal con el objetivo de sortear dichas carencias (González-Neves, 2005).

En la actualidad la demanda internacional está orientada principalmente a la búsqueda de vinos con buenos estándares de calidad y que complementen la oferta existente en el mercado. Si bien Tannat fue el cultivar elegido para cumplir con dichas demandas esto ha motivado el interés por incorporar nuevas variedades como Marselan, cultivar generado en Instituto Nacional de Reforma Agronómica (INRA) en 1961 (Julius Kühn-Institut, 2025). Introducido al país en la década de los 90', y desde entonces ha mostrado un alto potencial enológico.

En consecuencia, en los últimos años Marselan ha incrementado su participación en los viñedos uruguayos, siendo luego de Tannat la variedad con mayor porcentaje de plantas jóvenes; ocupa una superficie de 187 ha, las cuales conforman el 3.1% del total de la superficie nacional y su cosecha representa entre el 2.8% al 3.1 % del total (Instituto Nacional de Vitivinicultura [INAVI], 2021).

No obstante, aún existe escasa información científica sobre este cultivar, como ser la caracterización de la evolución de determinados compuestos de interés enológico durante la maduración de la uva y en respuesta diferentes técnicas de manejo del cultivo en diferentes regiones del país.

En consecuencia, interesa profundizar en el conocimiento del comportamiento y respuesta de esta variedad a distintas prácticas de manejo, dentro de las cuales se encuentran el deshojado y la regulación de carga de fruta, que han demostrado ser determinantes en la mejora de la composición de la uva en otras variedades.

## 2. OBJETIVO

- Evaluar cómo afecta la regulación de la relación fuente-fosa de la planta la síntesis y evolución de metabolitos de interés enológico en la variedad Marselan en las regiones de cultivo Los Cerrillos y Garzón.

### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 MARSELAN

Puede ser considerada como una cepa relativamente moderna, creada en 1961 por el INRA de Francia (Institut Français de la Vigne et du Vin, 2007) como resultado de un cruzamiento interespecífico entre Grenache Noir X Cabernet-Sauvignon. Su nombre se origina haciendo referencia a la ciudad de Marseillan, en la región Languedoc-Roussillon, al sur de Francia (Echeverría et al., 2009).

Esta variedad fue inscrita en 1991 en el Registro oficial de especies y variedades de plantas cultivadas en Francia luego de 10 años de experimentación, siendo recomendada en 1997 (Lecareux & Bouquet, 2005). En la actualidad existe un sólo clon registrado de Marselan (Marselan N), correspondiente al número 980 (Institut Français de la Vigne et du Vin, 2007).

Marselan es una variedad de uva tinta, vigorosa, con entrenudos cortos, hojas medianas, muy fructífera (3-4 racimos por sarmiento en el cargador). Si bien esta variedad presenta maduración tardía y desecamiento del escobajo próximo a cosecha, su brotación es temprana y desapareja en el sarmiento (Muñoz & Cagnoli Suárez, 2010).

Se caracteriza por presentar racimos grandes, bayas pequeñas con gran cantidad de pruina, por lo cual su rendimiento en mosto es muy bajo necesitando 160 kg de uva para obtener 100 litros de mosto (Giovannini & Manfroi, 2009 como se cita en Prado, 2017).

Desde el punto de vista agronómico en Uruguay ha demostrado comportamientos similares a Tannat en cuanto a duración de ciclo y productividad. Esta variedad presenta mayor resistencia a podredumbres de racimo en comparación con Tannat, atribuible fundamentalmente a una menor compacidad del racimo y mayor proporción de hollejo. Presentando resistencia a oídio y botrytis (Echeverría et al., 2009; Muñoz & Cagnoli Suárez, 2010).

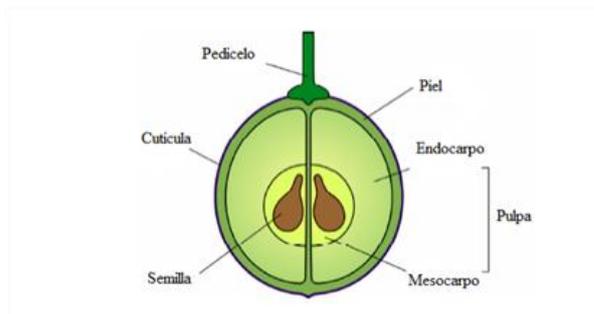
Favre et al. (2024), en diversos estudios afirman que este cultivar presentó un alto potencial de síntesis de taninos tanto en hollejos como en semillas. Asimismo, los autores indican que sus bayas presentan mayor proporción de hollejo (m/m), elevados contenidos de prodelphinidinas, y alta proporción de polímeros con grado medio de polimerización en comparación con Tannat y Syrah.

### 3.2 MORFOLOGÍA DE LA BAYA

La baya está formada por tres tipos de tejidos, hollejos, pulpa y semillas, (Figura 1). Los cuales pueden variar en su composición, contribuyendo de manera diferente a la composición del vino (Dokoozlian, 2000).

**Figura 1**

*Estructura de la baya*



*Nota.* Extraído de Conde et al. (2007).

El hollejo constituye la cara externa de la baya y está formada por 6 a 10 capas de células con paredes gruesas. Se encuentra recubierto por una capa denominada cutícula. La cutícula consta de cutina, polisacáridos y lípidos solubles denominados cera cuticular (o intracuticular) incrustados en las partes externas de la matriz polimérica y está cubierta por una capa de lípido semicristalino sólido superpuesto de plaquetas (cera epicuticular) que haciendo impermeable la baya y además mantiene la superficie limpia y es la primera barrera frente a patógenos (Keller, 2010).

La pulpa ocupa el mayor porcentaje de la baya, caracterizándose por poseer grandes vacuolas contenedoras de jugo.

Las semillas se localizan en el interior de la pulpa ubicadas en dos cavidades denominadas lóculos, pudiendo encontrarse de 2 a 4 semillas dependiendo de la variedad (Dharmadhikari, 1994).

### 3.3 DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE LA BAYA

En el desarrollo de la baya, existen diversos factores que pueden influir en su formación. Entre ellos, se pueden mencionar los relacionados con el entorno en el que se desarrolla la vid, como lo pueden ser el tipo de suelo, el clima de la región y las prácticas de manejo aplicadas (Peña-Neira, 2011).

A lo largo del crecimiento y maduración de las bayas, se observa un patrón de crecimiento de tipo doble sigmoide, en el cual se producen cambios en su tamaño, color, textura y composición (Coombe, 1992).

### 3.3.1 Fase I

Esta fase se relaciona con las primeras etapas de formación del fruto, iniciando en floración y continuando durante los próximos 40 a 60 días previos al cuajado. Durante este período el fruto se forma a través de una rápida división celular inicial o crecimiento herbáceo; la duración de este período depende de la variedad y de las condiciones ambientales (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

En una primera etapa, el crecimiento de la baya se debe a multiplicación celular, mientras que a medida que avanza la fase debe tanto a multiplicación celular como a elongación. Una vez culminada esta etapa no habrá más crecimiento por multiplicación celular, estableciéndose el número final de semillas y el número de células formadas en esta fase, siendo este último uno de los factores limitantes que determinarán el tamaño y peso de la baya (Coombe & McCarthy, 2000).

Durante esta fase el fruto aumenta en volumen y se acumulan solutos en el interior de la baya, como lo son el ácido tartárico, ácido málico y en menor proporción azúcares (Kennedy, 2002; Possner & Kliewer, 1985). El ácido tartárico se acumula principalmente en los hollejos, mientras que el ácido málico se acumula en la pulpa del fruto (Kennedy, 2002). El ácido tartárico tiende a acumularse durante las etapas iniciales del desarrollo, sin embargo, el ácido málico se acumula justo antes del envero (Coombe, 1987). Los ácidos hidroxicinámicos se encuentran presentes en esta fase, distribuyéndose en el mesocarpo y exocarpo de la baya. Tienen un rol fundamental en las reacciones de cambios de color en el hollejo; debido a que son precursores de fenoles volátiles (Romeyer et al., 1983). Los taninos, incluidas las catequinas monoméricas, se acumulan durante el primer período de crecimiento en los tejidos del exocarpo y endocarpo, estando casi ausentes en el mesocarpio (Kennedy, 2002).

### 3.3.2 Fase II

Esta etapa recibe el nombre de fase de retraso (lag) en el crecimiento de la baya. Se caracteriza por presentar una pausa en el crecimiento del fruto, pudiendo durar entre dos a tres semanas dependiendo de las condiciones climáticas y de la variedad. En los inicios de este período de retraso, los frutos alcanzan la mitad de su tamaño final y

comienza el cambio de color en los hollejos para variedades coloreadas y hollejos translúcidos en las variedades blancas (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

Entre el comienzo de la fase de retraso, la baya puede llegar en algunos casos a duplicar su tamaño, esto se debe a la acumulación de compuestos que se producen como resultado de cambios bioquímicos durante la maduración. En esta fase los compuestos que incrementan mayormente su concentración son azúcares (glucosa y fructosa), aunque también se produce la acumulación de algunos metabolitos secundarios que contribuyen a la calidad del vino. Durante este período las semillas alcanzarán su tamaño final, lo que ocurre alrededor de 10 a 15 días antes de envero (Keller, 2010).

### 3.3.3 Fase III

La tercera fase es la segunda etapa de rápido crecimiento y maduración de la baya. Este período se caracteriza por iniciar en el envero, donde se produce el ablandamiento y el desarrollo de color en la baya. Durante la maduración, el crecimiento de las bayas es resultado de la expansión de las células del pericarpio (Hardie et al., 1996).

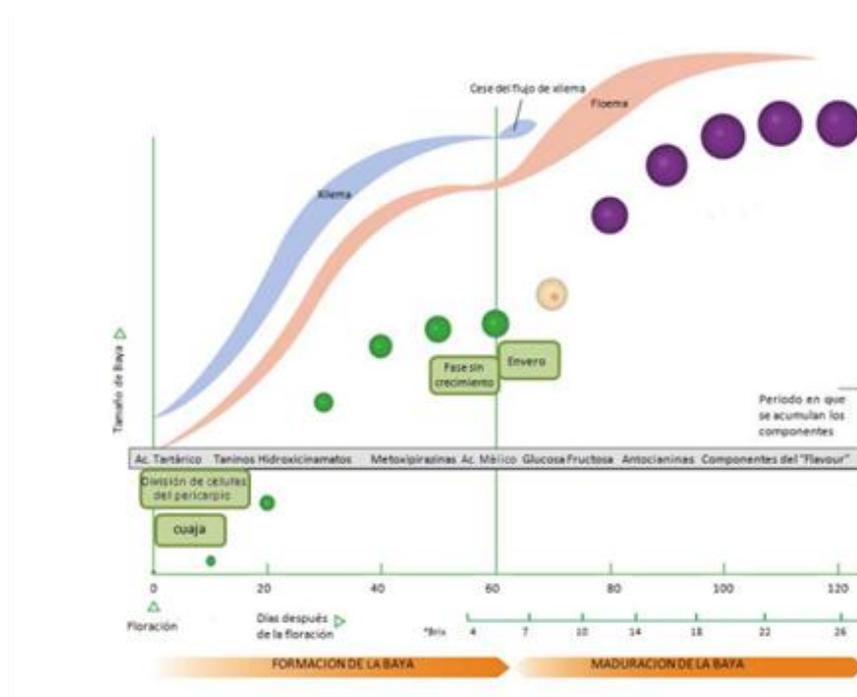
En esta fase los ácidos orgánicos (tartárico y málico) y ácidos hidroxicinámicos (compuestos fenólicos) que se acumularon en la baya durante la fase I, permanecen hasta la cosecha, aunque su concentración se reduce significativamente durante el segundo período de crecimiento. El ácido málico se reduce considerablemente, éste se metaboliza y se utiliza como fuente de energía en la maduración (Sweetman et al., 2009), en lugar de utilizar sacarosa, lo que permite una mayor acumulación de hexosas en las vacuolas (Keller, 2010). El contenido de ácido málico en la cosecha varía considerablemente, debido a una fuerte correlación con el factor climático. (Sweetman et al., 2009). Sin embargo, el contenido de ácido tartárico permanece constante después del verano. El contenido de taninos presentes en las semillas se reduce durante el segundo período de crecimiento, como resultado del proceso de oxidación (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

El evento más importante que tiene lugar en esta fase es el aumento masivo de compuestos, principalmente glucosa y fructosa como resultado del cambio bioquímico que ocurre en la maduración. Al comienzo del envero la sacarosa producto de la fotosíntesis es transportada hacia la baya, lugar donde se almacena durante todo el período de maduración (Robinson & Davies, 2000). La concentración de azúcares en la baya dependerá del tiempo que permanezca el racimo en la planta, del tamaño del

racimo, tamaño del dosel, disponibilidad hídrica y contenido de metabolitos secundarios (Kennedy, 2002). Estos factores juegan un rol importante y determinante en la calidad final de la baya (Conde et al., 2007).

**Figura 2**

*Curva de crecimiento y desarrollo de la baya*



*Nota.* Extraído de Kennedy (2002).

### 3.4 FACTORES QUE INCIDEN EN LA COMPOSICIÓN DE LA UVA

#### 3.4.1 Factores Ambientales

##### 3.4.1.1 Estado hídrico

El estado hídrico es un factor crucial que afecta el crecimiento vegetativo y reproductivo en los cultivos (Bradford & Hsiao, 1982).

Dry et al. (2001) afirman que realizar controles en la cantidad de agua suministrada a la vid (*Vitis vinifera* L.) ha sido utilizado como un método para disminuir el rendimiento y mejorar la calidad en los vinos tintos.

Existen numerosos antecedentes que indican que utilizar déficit hídrico en vides modifica el balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, afectando la

composición química de las bayas (Ferreyra et al., 2002; Jackson & Lombard, 1993; Poni et al., 1993; Reynolds & Naylor, 1994). A su vez, cuando la restricción hídrica supera determinado umbral, se ve comprometida la fotosíntesis neta, limitando el crecimiento vegetativo (Deloire et al., 2002) e impactando significativamente en la concentración de azúcares y compuestos fenólicos (Carbonneau, 2004; Shellie, 2006).

#### 3.4.1.2 Radiación y Temperatura

Las temperaturas diurnas y nocturnas, en conjunto con las oscilaciones de temperatura a lo largo del día, ejercen fuerte influencia en el metabolismo y composición en la baya (Cohen et al., 2012). Los metabolitos primarios responden de manera sensible a las fluctuaciones térmicas. Incrementos en las temperaturas durante la fase de maduración de la baya resultan en tasas de acumulación de azúcares más altas, mayor degradación de ácidos orgánicos y un aumento en el pH del fruto (Duchêne & Schneider, 2005; Jones & Davies, 2000).

Spayd et al. (2002) estudiaron el efecto de las temperaturas en la composición de la baya y afirmaron que días frescos (15 °C) durante la maduración mejoran el desarrollo de color en las uvas Cardinal, Pinot Noir y Tokay, mientras que los días calurosos (35 °C) redujeron significativamente o inhibieron por completo la formación de antocianinas. Además, las temperaturas frescas en la noche (10 a 15 °C) no revirtieron el efecto de las temperaturas altas durante el día.

Tarara y Spayd (2005), en su trabajo informaron que existe una estrecha relación entre la exposición de los racimos a la luz solar en el período envero a cosecha, y la síntesis de compuestos fenólicos, principalmente las antocianinas. Dichos autores afirman que existe una correlación positiva entre el número de horas de exposición de las bayas por encima de 30°C y la síntesis de pigmentos en los hollejos. Sin embargo, encontraron una correlación negativa entre la síntesis de compuestos fenólicos y el número de horas de exposición en las bayas por encima de 35°C, retrasándose el desarrollo de color por degradación de los compuestos fenólicos.

La radiación solar influye en el crecimiento de la vid, la composición química y el contenido de metabolitos en la baya. Zhang et al. (2014), han encontrado que la exposición a la luz solar durante el desarrollo y maduración de la baya, permitió mayor síntesis de azúcares y polifenoles, a su vez menores acidez titulable y niveles de ácido málico en comparación a bayas de racimos menos iluminados.

Gómez del Campo et al. (2003) afirmaron que la calidad y la cantidad de luz que llega al interior del dosel, y en la zona de los racimos tiene efecto en la respuesta de los pigmentos fotosintéticos, afectando la maduración, la calidad final del mosto, y la fertilidad de las yemas para el próximo ciclo productivo.

Smart (1987) estudió la influencia de la luz en la composición de la baya en el cv. Shiraz, el autor afirma que canopias sombreadas producían mostos y vinos con más K<sup>+</sup>, pH, ácido málico, menor acidez total y menos color, en comparación con canopias menos densas y con más luz.

### 3.4.1.3 Suelo

El suelo es un componente esencial del terroir vitícola, así como su interacción con los elementos que constituyen el ecosistema, clima, factores humanos y vid (Echeverría et al., 2017a, 2017b).

El suelo influye en el desarrollo de la vid y la maduración de la baya a través de la temperatura del suelo y el suministro de agua y nutrientes (Van Leeuwen et al., 2018).

Según Echeverría et al. (2017b) la disponibilidad de agua es el componente del suelo con mayor influencia en la fisiología de la vid. Los autores afirman que en los estudios realizados en la variedad Tannat en seis regiones de la costa del Río de la Plata (Uruguay), existía una correlación entre la disponibilidad de agua del suelo y la cubierta vegetal; dicha disponibilidad de agua estaba estrechamente relacionada a la textura, profundidad y materia orgánica en los suelos analizados.

El estado hídrico de la vid tiene un gran impacto en el desarrollo vegetativo y reproductivo. El mismo depende de parámetros climáticos, evapotranspiración, y de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Por lo tanto, la textura del suelo tiene un fuerte impacto en la capacidad de retención de agua y profundidad de la exploración radicular (Van Leeuwen et al., 2018)

Echeverría et al. (2017b) afirman que suelos con texturas arcillo limosas favorecen una mayor exploración radicular, mientras que suelos franco arcillosos favorecen el almacenamiento de agua en los microporos, mejorando la disponibilidad de agua para la planta.

A su vez el tipo de suelo y clase textural podrían afectar los componentes del rendimiento. Según Echeverría et al. (2017a) en su estudio en la variedad Tannat, observaron que las vides sobre suelos franco arcillosos obtuvieron menor rendimiento e influencia de podredumbre de racimo; mientras que las vides de suelos arcillosos

limosos mostraron mayor rendimiento e incidencia de podredumbre. Además, no evidenciaron diferencias en la composición de la baya, exceptuando las concentraciones de fenoles y antocianinas, siendo ambas superiores en suelos de textura franco arcilloso en comparación a suelos arcillo limosos.

### 3.4.2 Factores Culturales

#### 3.4.2.1 Sistema de conducción

El sistema de conducción desempeña un papel fundamental en la disposición espacial del follaje y los racimos, lo que a su vez modifica el microclima en la zona de los racimos. La arquitectura de la planta tiene un papel importante en la regulación de diversos aspectos vitales para la planta, como el potencial hídrico, la capacidad fotosintética, el crecimiento y desarrollo de las raíces, el rendimiento y la composición de la uva (Rodríguez-Gaeta et al., 2014).

Deloire et al. (2004) mencionan que existe correlación entre el sistema de conducción y la distribución de las raíces en la planta. El autor menciona que la interceptación de la radiación es diferente en un sistema de conducción en lira vs en espaldera, afectando de diferente manera la fotosíntesis en la planta y por lo tanto la producción de raíces.

El sistema de conducción permite modificar la cantidad de hojas y su distribución en el espacio, lo que influye en el sombreado del dosel. Se ha observado que los microclimas con mayor sombreado producen mostos con menor pH, sólidos solubles y mayor acidez (De la Fuente et al., 2007). En la actualidad a través de los sistemas de conducción, se busca maximizar el área foliar expuesta y minimizar el porcentaje de hojas en el interior del dosel para obtener resultados óptimos (Reynolds & Van den Heuvel, 2009).

#### 3.4.2.2 Conducción en Lira

El sistema de conducción en lira presenta una estructura de doble espaldero en V, con postes inclinados que permiten dividir el dosel en dos planos de vegetación (Pierini & Ganganelli, 2017).

Diversos autores afirman que el sistema de conducción determina la cantidad y la calidad de luz que llega al interior del dosel, siendo aquellos que presentan canopias divididas que permiten mayor porcentaje de hojas externas expuestas, mejorando la iluminación en el interior de la canopia en comparación con los sistemas tradicionales de conducción en espaldera (Carbonneau, 1980; Intrieri, 1986; Smart, 1984).

El sistema de conducción influye de manera diferente en el microclima de los racimos y hojas, incidiendo de manera importante en la composición final de la baya. Aquellos sistemas como la lira, que presentan canopia dividida permiten además de aumentar significativamente la superficie foliar expuesta, soportar mayores producciones de uva sin detrimento en la calidad (González-Neves & Ferrer, 2008).

Carbonneau (1990) afirma que el sistema de conducción en lira mantiene los racimos ligeramente expuestos, lo que favorece la acumulación de componentes enológicos de calidad en la uva.

#### 3.4.2.3 Conducción en espaldera

El sistema de conducción en espaldera es el más utilizado en la actualidad en el cultivo de la vid. El mismo permite una distribución del follaje vertical formando una cortina continua de la canopia (Pierini & Ganganelli, 2017).

Mañogil Gómez (2016) evaluó el comportamiento de la variedad Bobal en dos sistemas de conducción en espaldera, y afirma que este tipo de conducción presenta mayores ventajas frente a otros sistemas implementados. La espaldera permite mayor exposición y aireación en la zona de los racimos, vendimias más rápidas al presentar los racimos distribuidos de forma más uniforme, posibilitando la mecanización en la recolección, además aumentar la densidad de plantas por superficie. Este sistema de conducción favorece la maduración de la baya al permitir una mayor exposición de los racimos a la radiación solar.

#### 3.4.2.4 Deshojado: cuajado y prefloración

El deshojado del viñedo es una técnica que consiste en la remoción de las hojas basales de los pámpanos, tradicionalmente era realizado en cuajado o envero (Percival et al., 1994; Staff et al., 1997). El principal objetivo del deshojado es modificar la luz recibida por el racimo, incrementando su exposición, permitiendo lograr una mayor calidad de la uva, mejorar el color y la tipicidad aromática de la baya, reducir la influencia de enfermedades y podredumbres de racimo (Bergqvist et al., 2001; Crippen & Morrison, 1986; Dokoozlian & Kliewer, 1996).

La eliminación de hojas permite mejorar la exposición a la luz y aumentar la temperatura en la zona del racimo provocando una mayor descomposición del ácido málico y acumulación de azúcares en la baya (Smart & Sinclair, 1976).

Tardáguila, Diago et al. (2008) estudiaron el efecto de la época de deshojado en la variedad Garnacha. Los autores observaron que el deshojado en cuajado mejoraba significativamente la composición de la baya y las características organolépticas de los vinos producidos por esta variedad con respecto al deshojado realizado en enero.

El deshojado de prefloración es una técnica cada vez más utilizada en la viticultura (Poni et al., 2005; Poni, Casalini et al., 2006). Su principal objetivo es la regulación de la producción de uva, fundamentándose por la relación entre el rendimiento productivo y la disponibilidad de azúcares previo a la floración (Coombe, 1959, 1962).

Esta técnica consiste en la eliminación de una determinada proporción de hojas de la parte basal del pámpano en la época de floración. Diversos autores afirman que la eliminación de hojas en estado adulto que realizan fotosíntesis de forma muy activa, disminuye la disponibilidad de azúcares en la inflorescencia, el cuajado, y afectan el desarrollo inicial de la baya (Poni, Pallioti et al., 2006), permitiendo obtener racimos menos compactos y con mejor estado sanitario (Orio Gil, 2010).

En los trabajos realizados por Poni, Casalini et al. (2006) y Poni, Pallioti et al. (2006) se evaluaron los primeros comportamientos del deshojado prefloración en las variedades Sangiovese y Trebbiano. Los autores observaron mejoras en la composición final de la baya en ambas variedades (mayor acumulación de azúcares), en cambio la variedad Sangiovese fue quien presentó mayor síntesis de antocianos y polifenoles.

Poni et al. (2009) estudiaron el comportamiento frente al deshojado precoz en las variedades Barbera y Lambrusco. Los autores observaron en ambas variedades menores tasas de cuajado, menores rendimientos por pámpano, mayores contenidos en sólidos solubles y antocianos totales. La mejora en la calidad de la uva la atribuyeron a una mayor relación entre la superficie foliar y la producción. Además, evidenciaron incrementos en la proporción de hollejo respecto al peso total de la baya, pasando del 6,0 % al 9,0 % en la variedad Barbera y del 8,1 % al 10,14 % en Lambrusco a causa del deshojado precoz.

Tardáguila, Blanco et al. (2008) destacaron que el deshojado prefloración no sólo disminuye el peso del racimo, sino que también es modificada la compacidad del racimo, impactando sobre la calidad final y en el estado sanitario de la baya.

Arrillaga et al. (2021) evaluaron la respuesta del deshojado prefloración y deshojado comercial (entre cuajado y cierre de racimo) para la variedad Tannat en cuatro temporadas en viñedos del sur de Uruguay. Los autores observaron en plantas sometidas a deshojado prefloración disminuciones entre 11 y 39 % en el rendimiento

en comparación con las vides control. Sin embargo, afirman que los efectos del deshojado prefloración no fueron consistentes en cuanto a la disminución en la compacidad del racimo, viéndose afectada la incidencia de botrytis debido a la variabilidad climática observada en los años de estudio.

Percival et al. (1994) estudiaron el efecto de la época de defoliación para la variedad Riesling y obtuvieron que en la medida que se adelantaba la fecha de defoliación tuvieron una menor producción en la cosecha, pero no encontraron diferencias significativas en los componentes del mosto.

#### 3.4.2.5 Raleo

El raleo de racimos es la principal técnica para el control de la producción en la viticultura (García-Escudero, 2010 como se cita en Diago et al., 2010). Diversos autores afirman que el raleo de racimos influye directamente en la relación fuente/fosa debido a que limita la cosecha sin disminuir el área foliar, afectando la actividad de la planta y mejorando la calidad final del vino (Reynolds et al., 1986; Ribéreau-Gayon et al., 2006; Vasconcelos et al., 2007).

Mabrouk et al. (1997) observaron en plantas raleadas un efecto compensatorio, aumentando el peso de los racimos que permanecían en la planta, a pesar de producirse disminución en la producción final.

González-Neves y Ferrer (2008) evaluaron el efecto del sistema de conducción y raleo de racimos en la variedad Merlot. Los autores afirman que el raleo de racimos determina incrementos en las concentraciones de azúcares como consecuencia de una disminución en la cantidad de frutos en relación al follaje, incrementando en los componentes de calidad enológica como antocianos y polifenoles totales.

Travanic-Fuentes (2020) evaluó el efecto del momento de raleo en las variedades Tempranillo blanco y Chardonnay. Para ambas variedades encontró que el raleo de racimos disminuía la producción por planta y aumentaba las concentraciones de sólidos solubles en el mosto. En el caso de la variedad Vidal Blanc a medida que se retrasaba la fecha de raleo, aumentaba el peso de la baya y el pH del mosto.

Los efectos del raleo de racimos en la composición final de la baya son ampliamente variables (González-Neves & Ferrer, 2008), pudiendo reportarse en algunos estudios descensos en la acidez titulable e incrementos en el pH (Bucelli & Gianetti, 1996).

González-Neves y Ferrer (2008) reportaron incrementos en las concentraciones de antocianos en Merlot en las cosechas 2002 y 2004, encontrando mayores efectos en

el año 2002 para el sistema de conducción en lira y en la espaldera en el 2004. Además, los autores destacan que el raleo de racimos provocó incrementos en el contenido de taninos de semillas, en contenido de taninos y antocianos de las bayas.

### 3.4.3 Compuestos fenólicos

Los polifenoles son moléculas orgánicas que surgen del metabolismo secundario en las plantas vasculares (Stafford, 1991). Se encuentran en diversas partes de la planta y su concentración varía durante el ciclo vegetativo. Participan en diversas funciones celulares, formación de componentes estructurales y como defensa ante factores ambientales adversos (Koes et al., 1994). Los compuestos fenólicos comprenden un grupo de más de 4000 compuestos identificados (Robbins, 2003).

Bourzeix (1983, como se cita en Elejalde, 1999) afirma que estos compuestos provienen en su mayoría de las partes sólidas de la uva, se encuentran mayormente en semillas y hollejos, una menor proporción en el escobajo y muy escasa en la pulpa.

Se caracterizan por poseer un anillo aromático en su estructura con al menos una sustitución hidroxilo y una cadena lateral funcional (Ough & Amerine, 1988). Su importancia en el vino tinto radica que son determinantes de sus características organolépticas (Ribéreau-Gayon & Stonestreet, 1965). Las propiedades gustativas y táctiles, astringencia, amargor, cuerpo, color, aromas; la estabilidad y longevidad en los vinos son características que se atribuyen a los compuestos fenólicos (Jackson & Lombard, 1993).

Según su estructura química se dividen en dos grandes grupos, flavonoides y no flavonoides (Favre, 2008). Los fenoles no flavonoides son fundamentalmente ácidos fenólicos, mientras que el grupo de los flavonoides constituyen un grupo más extenso, representando el 95% de los polifenoles totales en los vinos tintos. Estos últimos según su estructura oxidación se pueden subdividir en antocianos, flavonoles, flavanoles y proantocianidinas (González-Neves, 2005).

Diversos autores afirman en sus estudios que la biosíntesis y concentración final de fenoles en la baya dependen del clima, combinación variedad/portainjerto, y de prácticas culturales que afectan y modifican la maduración de la baya y la acumulación de compuestos (Downey et al., 2003; Jackson & Lombard, 1993).

Durante la maduración en los hollejos la concentración de los mismos aumenta progresivamente desde el envero hacia la madurez. Sin embargo, en las semillas la

síntesis de compuestos fenólicos tiene su máximo en fase II de crecimiento herbáceo de la baya, posteriormente la síntesis disminuye hacia envero llegando a ser muy baja en la madurez (Ribéreau-Gayon et al., 2006)

#### 3.4.3.1 Flavonoles

Los flavonoles son compuestos que están presentes en los hollejos de uvas blancas y tintas (Favre, 2008). Participan en el color, siendo los principales pigmentos amarillos de los hollejos de las uvas blancas y negras; juegan un papel importante como co-pigmentos de los antocianos en los vinos jóvenes, además de poseer propiedades antioxidantes (Boulton, 2001).

Peña (2006) afirma que la base de los flavonoles es la unión de catequinas y epicatequinas que darán origen a los taninos; quienes determinan las características sensoriales del vino como amargor, astringencia y estabilidad del color.

#### 3.4.3.2 Antocianos

Los antocianos son pigmentos rojos presentes en la uva, se localizan en el hollejo y en variedades tintoreras también están presentes en la pulpa (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

Diversos autores afirman que la composición de antocianos en las uvas tintas es una característica varietal marcada por un componente genético (Bakker & Timberlake, 1985; González-Neves et al., 2004; Piergiovanni & Volonterio, 1983).

Según Herмосín Gutiérrez (2007), el perfil de antocianos se encuentra fuertemente influenciado por factores climáticos y agronómicos, por lo que el contenido de antocianos presentes en una misma variedad puede presentar variaciones entre años e incluso parcelas.

Estos compuestos aparecen durante el envero, produciendo el cambio de color característico de las uvas tintas, se acumulan durante la maduración, y son parcialmente degradados hacia el final de la misma (Ribéreau-Gayon et al., 2006). El nivel de acumulación de antocianos y el punto máximo de síntesis es variable en función de la variedad y la zona vitícola cultivada. En algunos casos este nivel máximo puede coincidir con la madurez determinada por la relación azúcar/acidez (madurez óptima), o en caso contrario puede ocurrir antes, indicando que dicha variedad

presenta una maduración fenólica precoz, debida a una mala adaptación en la zona de cultivo (González-Neves et al., 2004; Moreno & Peinado, 2010).

#### 3.4.3.3 Taninos

Los taninos pertenecen al grupo de fenoles que se denominan flavanoles y se localizan principalmente en las semillas (Mendes et al., 2013). Se encuentran en concentraciones mayoritarias en las uvas y juegan un papel importante en la calidad del vino, confiriendo astringencia, amargor; estructura; y participando en reacciones que permiten la estabilización del color en vinos tintos (Favre, 2008).

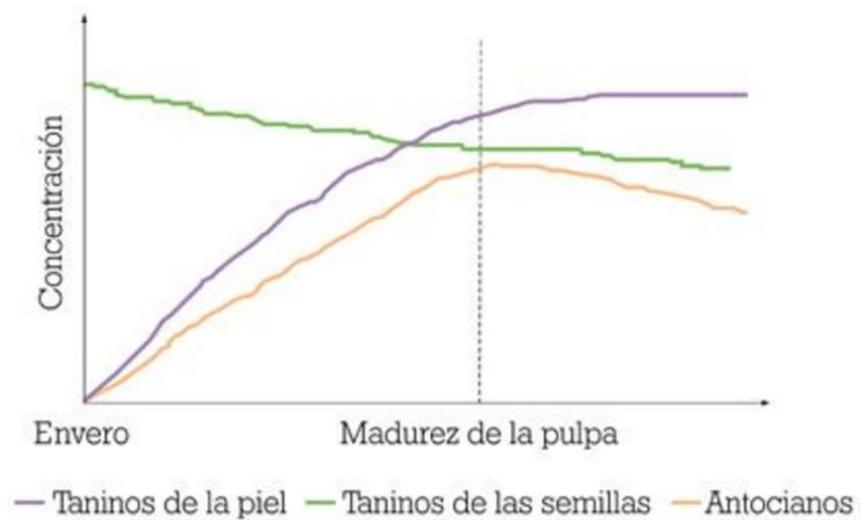
Su estructura es diferente en hollejos y semillas, teniendo los taninos de semillas una proporción superior de galatos y un grado de polimerización inferior a los taninos presentes en los hollejos (Souquet et al., 2000). Los taninos de hollejos y semillas son acumulados independientemente en ambas partes de la baya (Downey et al., 2003; Glories, 1999). Comienzan a acumularse en las primeras etapas del desarrollo del grano alcanzando niveles máximos hacia el envero (Downey et al., 2003). Los taninos de hollejos presentan una evolución similar a los antocianos, aunque su concentración es superior a la de los antocianos al comienzo del envero; estos compuestos continúan sintetizándose hacia la maduración de la baya (Esteruelas et al., 2015). Sin embargo, la evolución de los taninos de semillas es diferente, éstos presentan su nivel máximo en envero y luego a medida que avanza la maduración la concentración de taninos disminuye (Moreno & Peinado, 2010).

Estos compuestos fenólicos confieren propiedades de astringencia (sensación táctil) y amargor (gusto), siendo las características de mayor relevancia en la calidad del vino (Chira et al., 2011). A su vez intervienen en la estructura de los vinos tintos, condicionando su capacidad de crianza (Cheynier et al., 2006; Zamora, 2003).

Los taninos contribuyen de forma significativa a la estabilización de los pigmentos en los vinos tintos, formando moléculas más complejas con antocianos; esto permite la permanencia del color a largo plazo en el vino (Fulcrand et al., 2006). A su vez estos compuestos presentan la particularidad de unirse a proteínas y otros polímeros vegetales formando combinaciones estables, implicando diferentes niveles de amargor y astringencia en función del tamaño molecular (Larue et al., 1980). Además, los taninos pueden sufrir reacciones de clivaje, generando moléculas de bajo peso molecular, las cuales contribuyen a la pérdida de astringencia durante el añejamiento del vino (Cheynier et al., 2006).

**Figura 3**

*Evolución de los taninos y antocianos en la maduración de la baya*



*Nota.* Tomado de Kontoudakis et al. (2009).

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 CARACTERÍSTICAS DEL VIÑEDO

#### 4.1.1 Descripción

El ensayo fue instalado en dos viñedos comerciales de Marselan durante la temporada 2020- 2021. El primer predio se encuentra ubicado en el departamento de Canelones, próximo a la ciudad de Cerrillos, el segundo en el departamento de Maldonado en la localidad de Garzón.

En el predio ubicado en Canelones las plantas se encuentran injertadas sobre el portainjerto R-110, con una edad de 14 años. El marco de plantación es de 3 metros entre filas y 1,25 metros entre plantas, lo cual determina una densidad de plantación de 2720 plantas/ha. El sistema de conducción del cuadro es en lira, la poda realizada fue Guyot bilateral o también conocida como poda larga. El tipo de suelo del viñedo se corresponde con un Vertisol

En el predio ubicado en Maldonado las plantas se encuentran injertadas sobre portainjerto 101-14MGt, con una edad de 11 años. El marco de plantación es de 2 metros entre filas y 1 metro entre plantas, determinando una densidad de plantación de 5100 plantas/ha. El sistema de conducción es en espaldera, la poda realizada fue Guyot bilateral. El suelo del cuadro se corresponde con un Inceptisol.

### 4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue Diseño en Bloques Completos al Azar, para el cual se definieron tres repeticiones por tratamiento. Cada uno de los bloques está conformado por diez plantas, lo que se traduce en treinta plantas por tratamiento.

#### 4.2.1 Tratamientos

##### 4.2.1.1 Tratamiento control (TC)

Tratamiento de referencia al cual no se le aplicó deshojado ni ajuste de carga de fruta.

#### 4.2.1.2 Deshoje prefloración (DPF)

Consistió en el deshojado previo a floración en el estado 17 Eichhorn y Lorenz (Coombe, 1995), removiendo las primeras siete hojas de cada brote, comenzando desde la base del mismo. En este tratamiento no se aplicó ajuste de carga en los pámpanos.

#### 4.2.1.3 Deshoje en cuajado con ajuste de carga (DC+R)

Consistió en el deshojado en cuajado (estado 27 Eichhorn y Lorenz), removiéndose las hojas próximas a la zona del racimo. Adicionalmente se realizó el raleo de racimos (estados 33 y 35 Eichhorn y Lorenz).

### 4.3 DETERMINACIONES ANALÍTICAS

#### 4.3.1 Muestreo de bayas

En el mes previo a la cosecha de cada parcela, se realizó un seguimiento de la maduración de la uva con 3 momentos de muestreo para ambos sitios.

En cada fecha se realizaron muestreos de uva por duplicado a partir de las plantas de cada tratamiento. Para esto se utilizó el método propuesto por Carbonneau et al. (1991), en el cual se extrajeron fracciones de racimos de 3 a 5 bayas alternadamente de la mitad inferior y superior de los mismos hasta totalizar 300 bayas por muestra. De cada muestra se tomaron 50 bayas para los análisis de compuestos polifenólicos y 250 bayas para los análisis de rutina (sólidos solubles, acidez, pH).

### 4.4 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DE LA UVA.

#### 4.4.1 Análisis de rutina

Los análisis de rutina para determinar la madurez tecnológica y definir el momento de cosecha, comprendieron las determinaciones de la composición general en la uva, Sólidos Solubles totales (°Brix) por refractometría, acidez total por volumetría y pH por

potenciometría (según Organisation Internationale de la Vigne et du Vin [OIV], 2025). Para ello se utilizó una juguera para la extracción de mosto, con la cual posteriormente se realizaron las mediciones. Los sólidos solubles totales fueron medidos con refractómetro manual (Atago, Tokio, Japón), los resultados se expresaron en grados Brix (°Brix). La acidez titulable se midió utilizando medidor para la acidez (PAL-Easy ACID2, marca Atago). Para medir pH en el mosto se utilizó un peachímetro de mesa (HI2210, marca HANNA Instrumentos).

#### 4.4.2 Análisis de polifenoles.

##### 4.4.2.1 Extracción desde hollejos y semillas

Se tomaron 50 uvas correspondientes a cada tratamiento sin pedúnculo, pesándose posteriormente.

Posteriormente se separaron hollejos y semillas de la pulpa, se eliminaron cuidadosamente los restos de pulpa adheridos a hollejos y semillas, y se dejan secar 10 minutos en papel de filtro, pesándose por separado hollejos y semillas. El número de semillas por muestra fue igualmente contabilizado.

Para el proceso de extracción de polifenoles de hollejos y semillas se siguió la metodología propuesta por Castillo-Muñoz et al. (2009). Según estos autores, con dicho procedimiento se consigue extraer el 99% de los polifenoles contenidos en la muestra. A tales efectos se preparó el solvente de extracción que consistió en una mezcla de metanol, ácido fórmico y agua en proporciones 50:1,5:48.5.

En este procedimiento se utilizó el total de hollejos correspondiente a las 50 bayas. Para la extracción en semillas las mismas fueron previamente procesadas en un mortero. El polvo obtenido fue homogeneizado y luego se separó 1g para ser empleado en las extracciones.

Se colocó cada muestra de hollejos y semillas por separado en una licuadora doméstica Philips HR3571/90. En cada caso se agregaron 50mL del disolvente de extracción. Se procesaron las muestras durante 30 segundos a velocidad mínima y 3 minutos a velocidad máxima. Se colocaron los extractos en una cafetera de émbolo y se recogió el sobrenadante en un recipiente adecuado, luego se agregaron los restos sólidos retenidos bajo el émbolo de la cafetera y se adicionaron nuevamente 50mL de solución extractora, se repitió el procedimiento. Por lo tanto, cada muestra de hollejo y semilla fue sometida a 2 extracciones sucesivas, y en total de extracto recogido fue de

100mL. Ambos extractos fueron combinados y guardados en frascos topacio a -18 C hasta ser analizados.

Sobre estos extractos se realizó el análisis de polifenoles totales, antocianos y taninos. Para la cuantificación de polifenoles totales se utilizó la metodología propuesta por González-Centeno et al. (2012) con modificaciones, empleando el reactivo Folin-Ciocalteu y realizando las mediciones en detector de microplacas. Para el mismo se utilizó una placa de 96 pozos de 2mL de capacidad y la dilución de los extractos metanólicos en una proporción 1/5 (y/y). Posteriormente en otra placa de iguales características se colocaron 100uL del extracto diluido anteriormente, 120uL de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 20% (w/v), 50uL de Folin-Ciocalteu, y 730 uL de agua; se homogeneizó la solución colocando posteriormente 200uL de esta (por cada muestra). La microplaca se encubó en el mencionado detector de microplacas durante una hora en oscuridad a 25°C. Una vez transcurrido el tiempo se midió la absorbancia a 765nm.

Para el análisis de antocianos totales se utilizó el principio propuesto por Ribéreau-Gayon y Stonestreet (1965) adaptando la metodología (volúmenes de reactivos y solventes) para la medición en detector de microplacas. Se comenzó preparando la solución base para el análisis a partir de 50uL del extracto hidrometanólico, 50uL de etanol acidificado (al 0.1% con HCL 12N) y 1000uL de HCL al 2%. Posteriormente se colocó por duplicado una alícuota de esta solución en una microplaca donde se realizaron dos duplicaciones diferentes, una con Agua y otra con  $\text{SO}_2$ , adicionando 100uL de la solución base, 100uL de agua destilada, o bien 100uL de solución de  $\text{SO}_2$  al 15% (m/v). Luego de 15 minutos se midió la absorbancia a 520nm en un detector de microplacas (SPECTROstar Nano, Ortenberg Germany).

Para la cuantificación de Taninos precipitables por MetilCelulosa, se utilizó la metodología propuesta por Sarneckis et al. (2006) basada en la reacción de los mismos con metilcelulosa (MC) y su posterior precipitación. Para esto se tomaron los extractos de semillas y hollejos por separado y se colocaron en tubos Eppendorf correspondientes a cada muestra con la utilización de micropipeta multicanal electrónica. Se trabajó en tandas de tres muestras y dos repeticiones, para las cuales se utilizó un tubo con MC y uno sin MC (Control).

En los tubos Eppendorf que contenían MC, el procedimiento fue adicionar 50uL de extracto de hollejo o semilla, posteriormente se agregó 300uL de solución de MC, se homogeneizó la muestra y se dejó reposar 3 minutos. Luego se agregó 200 uL de solución de sulfato de amonio y se homogeneizó nuevamente, se dejó reposar 10 minutos a partir del último agregado. Se centrifugaron las muestras por 5 minutos con

centrifuga WitegCF-10 (Am Bildacker 16, Germany) a 13500 rpm, y se colocan 200uL de sobrenadante en microplaca de cuarzo y se realizó la medición A280nm. En los tubos control sin agregado de MC se realiza el mismo procedimiento, pero en lugar de adicionar MC se agregan 775uL de agua. Las muestras se centrifugaron por 5 minutos a 13500 rpm, se colocó en microplaca de cuarzo 200uL de sobrenadante y posteriormente se realizó la lectura A280nm.

Para el cálculo de taninos precipitables por MC se utilizó la fórmula,  $(A_{280} \text{ MC} - A_{280} \text{ Control}) * \text{FD}$  (factor de dilución), siendo FD 20,5.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA DE CADA VENDIMIA Y PREDIO CONSIDERADO

El ciclo anual de desarrollo de la vid y la evolución en la composición de la baya son afectados por las condiciones climáticas presentes en cada período de crecimiento y maduración de la uva (Spayd et al., 2002).

Se analizará la evolución de temperaturas máximas y mínimas, precipitaciones, ETP, balance hídrico y heliofanía relativa del ciclo 2020-2021 en Los Cerrillos y Garzón. La duración del ciclo desde brotación hasta cosecha fue diferente para los sitios en estudio, en Los Cerrillos estuvo comprendido entre el 01/09/2020 al 24/03/2021, mientras que en Garzón la brotación comenzó alrededor del 01/09/2020 y la cosecha se realizó el 18/03/2021.

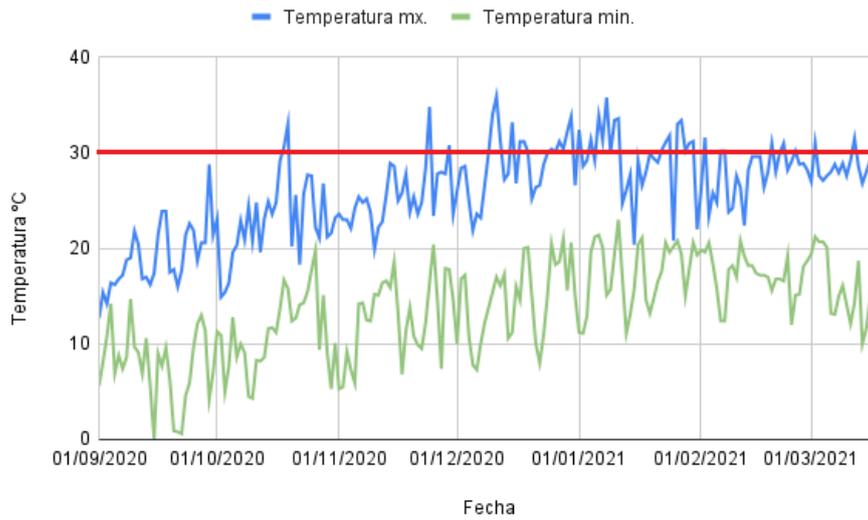
Las precipitaciones acumuladas fueron diferentes para Garzón y Los Cerrillos, siendo respectivamente de 823 mm y 568 mm. Durante la maduración de la baya y hasta la cosecha (enero-marzo) el volumen de precipitaciones registrado fue inusualmente superior al promedio histórico. El volumen en este período fue 470 mm y 322 para Los Cerrillos.

La evolución mensual de las temperaturas máximas y mínimas durante el ciclo del cultivo para cada sitio se observan en las Figuras 4 y 5. Es evidente que en Los Cerrillos las temperaturas máximas fueron en promedio superiores a las de Garzón, registrándose una mayor cantidad de días con temperaturas por encima de los 30 °C. Sin embargo, durante los meses de maduración de la baya, la temperatura promedio en Los Cerrillos fue de 22,1 °C, mientras que en Garzón fue de 22,8 °C. Por otra parte, las temperaturas mínimas en Cerrillos fueron inferiores a Garzón, seguramente influido por la proximidad al océano Atlántico de este último sitio. La temperatura tiene un rol importante en la maduración y síntesis de metabolitos secundarios en la baya; temperaturas diurnas entre 20 y 30 °C y nocturnas frescas (en torno a 15 °C) promueven la síntesis de compuestos, principalmente de antocianos. Sin embargo, temperaturas por encima de 35 °C reducen o inhiben la síntesis de estos compuestos (Spayd et al., 2002). Adicionalmente, por encima de los 30°C la fotosíntesis comienza a ralentizarse y es muy baja a partir de los 32° C. Por lo tanto, en Garzón las condiciones de temperatura registradas serían más propicias para la maduración,

composición general de la baya y síntesis de metabolitos secundarios en relación con Los Cerrillos.

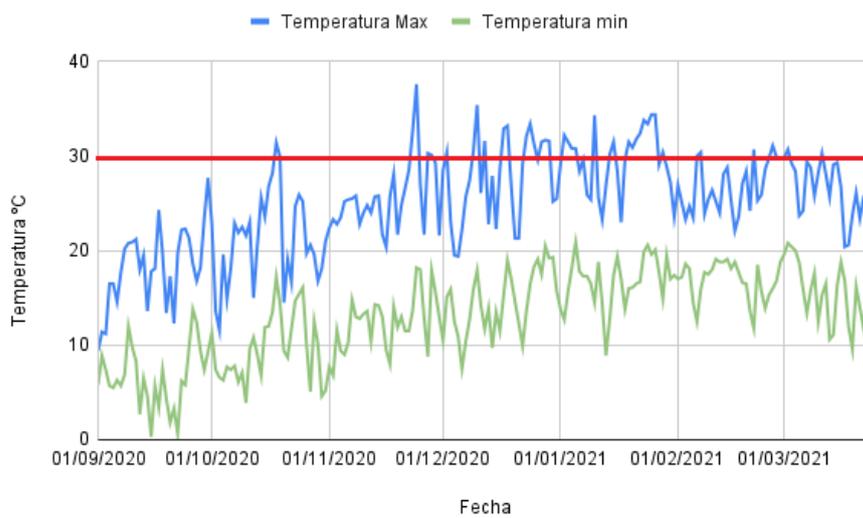
#### Figura 4

*Temperaturas máximas registradas en el ciclo 2020-2021 para Garzón*



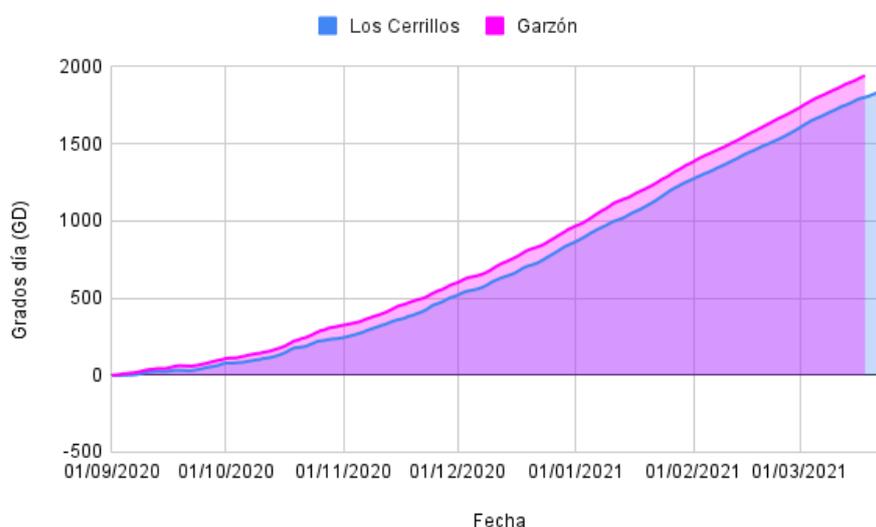
#### Figura 5

*Temperaturas máximas registradas en el ciclo 2020-2021 para Los Cerrillos*



**Figura 6**

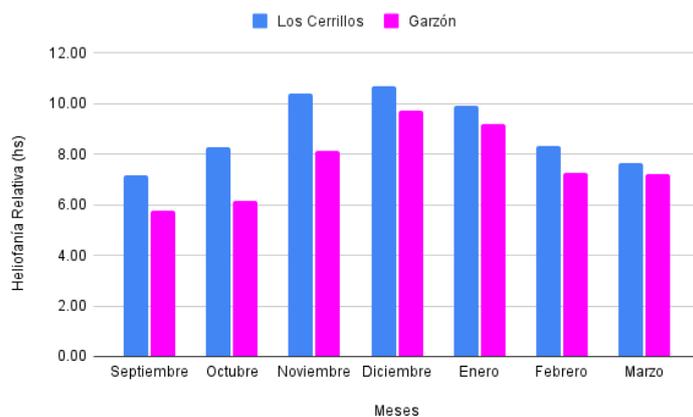
*Suma térmica en grados día (GD) para Los Cerrillos y Garzón*



En la figura 6 se muestra la suma térmica en grados día (GD, temperatura promedio para cada sitio, menos la temperatura basal de la vid 10 °C) para Los Cerrillos y Garzón desde brotación hasta cosecha. Cabe destacar que existieron diferencias en la acumulación de GD en ambos sitios, siendo 1860 GD para Los Cerrillos y 1924 GD para Garzón. La suma térmica afecta el desarrollo y maduración de la vid, debido a que la temperatura juega un rol importante en los procesos metabólicos y síntesis de compuestos. La diferencia en la suma térmica en ambos sitios es aproximadamente del 3%, esto explicaría un adelanto de la cosecha en Garzón respecto a Los Cerrillos en una proporción similar de tiempo.

**Figura 7**

*Heliofanía relativa (hs) durante el ciclo de la vid*



La Figura 7 muestra la heliofanía relativa (horas de exposición solar directa/ horas de sol posibles) mensual durante el ciclo de desarrollo anual de la vid en ambos sitios. Siendo en promedio 9 horas/día para Los Cerrillos, mientras que para Garzón 8 horas. Al considerar únicamente el período donde tuvo lugar la maduración de la baya (febrero-marzo) la heliofanía relativa para Garzón fue de 7,26 y para Los Cerrillos fue de 8,1. Según Spayd et al. (2002) durante el período de maduración de la baya se requiere luz UV para estimular la transcripción de los genes que modulan la producción de flavonol-sintasa, enzima responsable de la síntesis de flavonoles. Sin embargo, para antocianos dichos autores no reportaron efectos similares. Por lo tanto, sería esperable una mayor síntesis de flavonoles en Los Cerrillos en relación a Garzón.

Los factores geográficos del clima influyen de manera diferencial en cada sitio. Aunque están ubicados en latitudes similares, la mayor incidencia del Océano Atlántico en Garzón y de la zona media del estuario de Río de la Plata en Los Cerrillos, determinan diferentes condiciones climáticas (Echeverría & Demetriuk, 2023). En la zona de Garzón, las brisas de mar y tierra tendrán mayor incidencia, generando vientos de baja intensidad en dirección al viñedo funcionando como un frente frío, lo que condiciona una menor Heliofanía en Garzón, de manera que el promedio diario anual de la irradiancia global en el plano horizontal en Los Cerrillos es mayor (4.54 kWh/m<sup>2</sup> día) que en Garzón (4.45 kWh/m<sup>2</sup> día) (Alonso-Suárez et al., 2014). La irradiancia está fuertemente correlacionada (positivamente) con la ETP y las temperaturas máximas (Echeverría et al., 2016).

### 5.1.1 Índice Ravaz

El índice de Ravaz (IR) es un indicador productivo que se define como el cociente entre el rendimiento en uva en la cosecha y el peso de la madera de poda en el invierno siguiente. Es un indicador del equilibrio de la planta en cada ciclo de desarrollo, entre la producción de fruta y el desarrollo vegetativo (Champagnol, 1984). Los valores de dicho índice se encuentran estrechamente ligados a la variedad, siendo para variedades muy productivas entre 4 y 15, mientras que para menos productivas se encuentra entre 3 y 8 (Ferrer et al., 1997). Otras referencias internacionales recomiendan relaciones de 5-10 para Cabernet-Sauvignon (Kliewer et al., 2000, como se cita en Coniberti et al., 2014) o de manera general entre 4-10 (Smart, 2001, como se cita en Coniberti et al., 2014).

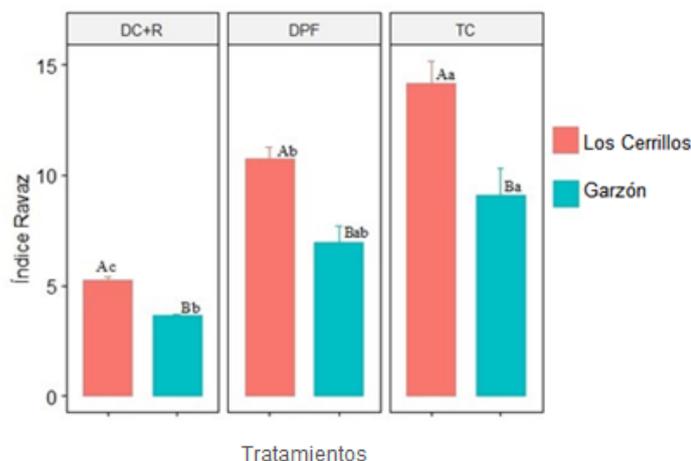
Otras estimaciones de IR determinadas por Coniberti et al. (2014) para las condiciones productivas de Uruguay en la variedad Tannat, conducida en espaldera, reporta valores entre de 5.5 y 6, permitiendo maximizar la expresión vegetativa y las acumulaciones de antocianos en la uva.

En la figura 8 se presenta dicho índice para ambos sitios de cultivo. Es importante destacar que los tratamientos tuvieron un efecto muy significativo sobre el mismo, debido a que se modificó directamente la relación fuente/fosa de las plantas con las alternativas de manejo evaluadas. El efecto obtenido en ambos casos (DPF y DC + R) fue la disminución de dicho índice. Sin embargo, la producción de fruta en Los Cerrillos no fue afectada significativamente por el DPF, mientras que esto sí sucedió en Garzón. Esta diferencia se explicaría fundamentalmente por el método de conducción; según Ferrer et al. (2008), la lira al dividir el follaje en dos planos, tiene una mayor superficie foliar expuesta, incrementando la eficiencia en la producción de fotosintatos, permitiendo soportar más carga; por lo cual el deshojado no provocó un descenso del cuajado y finalmente de la producción. Además del factor sistema de conducción, las condiciones edáficas (mayor fertilidad y capacidad de retención hídrica del suelo) y genética (portainjerto vigorizante) en el caso de Cerrillos determinan una mayor expresión vegetativa y mayor disponibilidad de reservas, reduciendo el efecto de los tratamientos de deshojado. Por otra parte, en Garzón con conducción espaldera, la superficie foliar resultante luego del tratamiento de deshojado, habría condicionado la carga capaz de sostener el cultivo, en relación con la producción de uva.

Es posible observar en Los Cerrillos que el IR para los tratamientos DFP y TC fue superior a 10, dicho valor indicaría que en estos tratamientos las plantas se encontraron desbalanceadas con un exceso de producción. Sin embargo, para el tratamiento DC+R el IR fue 5,26, indicando que la incorporación del raleo al deshojado tuvo un efecto en el equilibrio de la planta. En Garzón, los tratamientos DPF y TC, presentaron valores entre 7 y 9, lo que indicaría que las plantas con DPF se encontraban en equilibrio. Por el contrario, en el tratamiento DC+R, los valores registrados (3,67) fueron inferiores al óptimo, indicando un claro desequilibrio, pudiendo comprometer la síntesis de azúcares y polifenoles totales.

**Figura 8**

Índice Ravaz en los diferentes tratamientos según sitio de cultivo

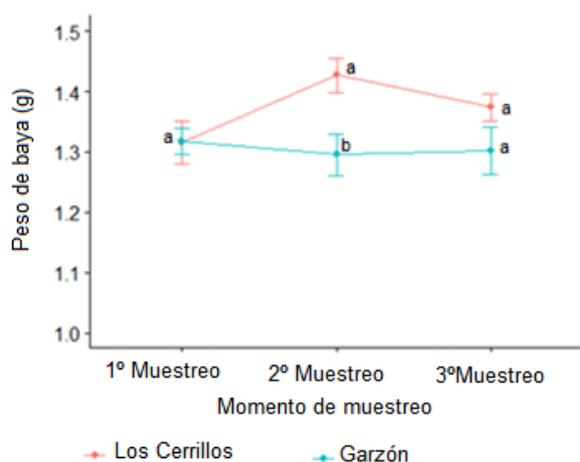


*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ). Mayúsculas indican diferencias entre sitios, minúsculas indican diferencias entre tratamientos.

### 5.1.2 Evolución del peso de baya.

**Figura 9**

Evolución en el peso de la baya en el mes previo a la cosecha



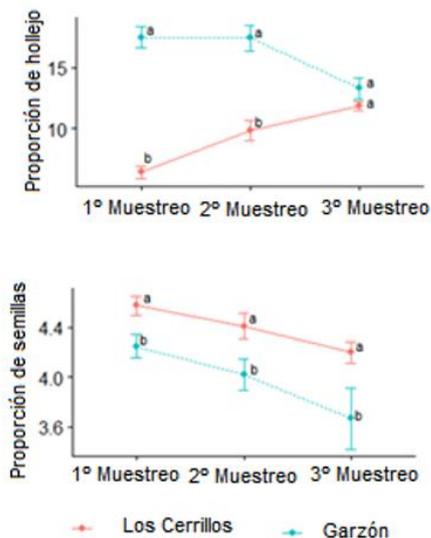
*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ).

En la figura 9 se observa la evolución en el peso de la baya desde envero a cosecha para ambos sitios. Al comienzo del envero el peso de la baya fue similar en ambos sitios, sin embargo, durante la maduración, el peso de grano en Los Cerrillos fue significativamente mayor con respecto al de Garzón. Según la bibliografía, el peso de la baya se incrementa durante la maduración debido a acumulación de azúcares y agua (Ribéreau-Gayon et al., 2006). Sin embargo, los resultados obtenidos en Los Cerrillos, coinciden con el trabajo presentado por McCarthy (1999). Dicho autor evaluó la maduración en bayas de Shiraz, observando una disminución en el peso de la baya hacia cosecha, debida a deshidratación en las uvas, como consecuencia de aumentos de evaporación a finales de verano. Esto se correspondiese con lo observado entre el segundo y tercer muestreo para Los Cerrillos, donde el peso del grano tiene una leve disminución entre ambos momentos, sin embargo, el peso final fue superior en la cosecha en relación a Garzón. Los mayores valores de peso de la baya registrados en Los Cerrillos podrían explicarse debido a que, el sistema de conducción en lira, permite mayor superficie foliar expuesta, y por lo tanto mayor acumulación de azúcares en la baya. Otro factor que influye en el tamaño de baya es contenido de agua en el suelo, ya sea por reserva hídrica o por precipitaciones. Si bien el volumen de precipitaciones fue inferior que, en Garzón, el tipo de suelo (Vertisol) presente en Los Cerrillos permitiría mantener una reserva hídrica prolongada en el tiempo y disponible para la planta. Por otra parte, la variabilidad obtenida en los muestreos de bayas para ambos sitios, no permitió realizar un análisis de las diferencias entre tratamientos, por lo que no se presentan en el trabajo.

### 5.1.2.1 Proporción de hollejos y semillas

**Figura 10**

Proporción de hollejos y semillas en la baya según sitio



*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ).

En la figura 10 se muestran las proporciones de hollejos y semillas presentes en la baya para los dos sitios analizados. La proporción de los hollejos en las uvas de Marselan, coincide con estudios realizados para dicha variedad, en los cuales se concluyó que Marselan poseía una proporción de hollejos superior frente a otras variedades (Favre et al., 2024). A su vez, la tendencia es coincidente con estudios previos que informan que a medida que avanza la maduración de la baya la proporción de hollejos aumenta (Bindon et al., 2013).

Cuando se analiza la proporción de hollejos, se observa que la misma en Garzón fue significativamente mayor con respecto a Los Cerrillos, tendiendo a disminuir cerca del momento de cosecha. Esto se debe a que a medida que la baya madura, el volumen de pulpa presentó mayores incrementos en relación al hollejo como consecuencia de las precipitaciones registradas durante el último mes de maduración. Contrariamente en Los Cerrillos, a medida que avanza la maduración la proporción de hollejos aumenta, siguiendo la tendencia esperable en la maduración (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

En ambos sitios, cuando se evalúa el peso de las semillas se observa que este tiende a disminuir hacia cosecha, lo cual corresponde con lo reportado por Downey et al. (2003), Del Rio y Kennedy (2006). El peso de la semilla sigue la tendencia esperada según la bibliografía, dado que el mismo disminuye durante el proceso de maduración con el objetivo de garantizar la latencia y longevidad de la semilla. Durante este proceso, las semillas experimentan una serie de cambios que incluyen deshidratación y cambios de color por la oxidación catalítica de favan-3-oles, reduciendo el contenido de proantocianidinas (Tarascou et al., 2010). Estos cambios contribuyen a asegurar la supervivencia de las semillas en condiciones adversas (Kennedy, Matthews et al., 2000).

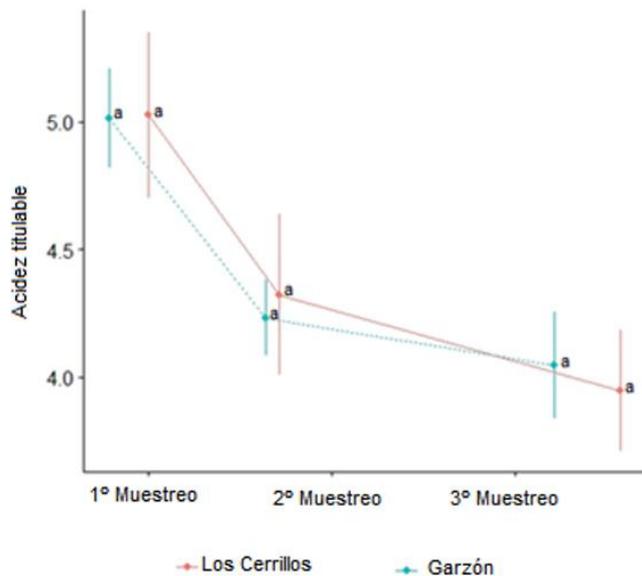
## 5.2 EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LA BAYA DURANTE LA MADURACIÓN

### 5.2.1 Acidez Total

La evolución de la acidez total en la baya durante la maduración, sigue la tendencia esperada disminuyendo hacia cosecha (Figura No. 9). Si bien no se encontraron diferencias significativas entre los sitios, en Los Cerrillos la tasa de disminución de la acidez habría sido mayor que en Garzón. La disminución en la acidez de la baya durante la maduración (Figura No. 9) se debe a tres factores principales; dilución, salificación del ácido tartárico y degradación respiratoria del ácido málico (Reynier, 2005; Ribéreau-Gayon et al., 2006). Las diferencias entre los sitios se pueden explicar por mayores temperaturas y mayor cantidad de horas de sol durante la maduración que se registraron en Los Cerrillos en relación con Garzón, factores que contribuyen a la degradación del ácido málico. A su vez la disminución en la acidez total podría explicarse por el efecto de dilución ocasionado por el aumento en el volumen de las bayas. Como se mostró anteriormente (figura 9), el peso del grano se incrementó entre el primer muestreo y la cosecha en Los Cerrillos, mientras que en Garzón permaneció estable.

**Figura 11**

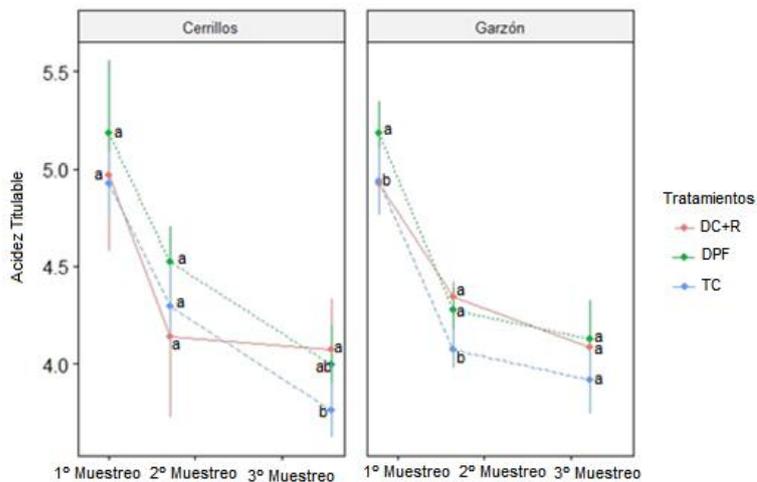
*Evolución de la acidez durante la maduración según sitio*



*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ); acidez expresada en mg/l de ácido tartárico.

**Figura 12**

*Evolución de la acidez según tratamiento*



*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Cuando se evalúa la evolución de la acidez para ambos sitios hacia cosecha, se observa que la misma sigue la tendencia esperable según la bibliografía. Sin embargo, cuando se evalúa el efecto de los tratamientos se observa que los mismos tuvieron efecto en la evolución de la acidez (Figura 12). En ambos sitios el DPF comienza siendo el tratamiento con mayor acidez y el TC finaliza siendo el de menor acidez, si bien las diferencias no fueron estadísticas. En Los Cerrillos, aunque no se encontraron diferencias significativas en las primeras dos fechas de muestreo, en cosecha el tratamiento DC+R mostró una acidez significativamente mayor en comparación con DPF y TC, siguiendo tendencia decreciente a medida que avanza la maduración. Estos resultados coinciden con lo presentado por Almanza-Merchán (2011), quien evaluó el efecto del deshojado y la combinación de deshojado + raleo. Según el autor el deshojado tuvo un efecto superior cuando se compara con el tratamiento con deshojado + raleo, debido a un aumento en la exposición del racimo a la radiación, mejorando la incidencia de luz y temperatura en la baya, dando como resultado en un balance negativo entre síntesis y degradación del ácido málico (Staff et al., 1997).

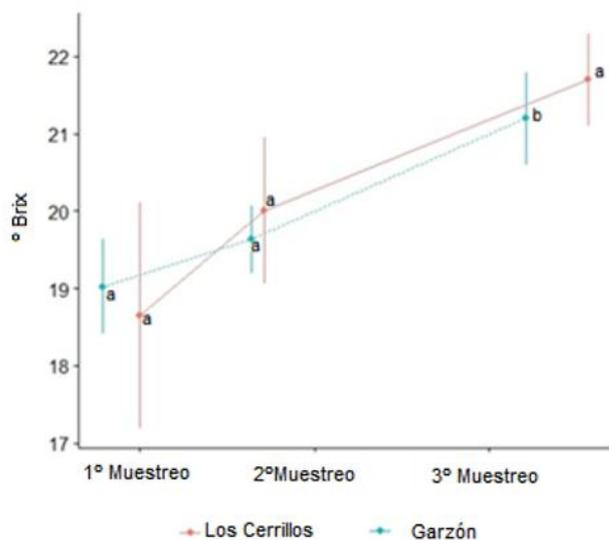
### 5.2.2 Sólidos Solubles

La figura 13 muestra la evolución del contenido de sólidos solubles en los dos sitios estudiados para el promedio de todos los tratamientos en el curso de la maduración. La evolución observada en los sólidos solubles es la esperada durante la maduración, debido a que ocurre una rápida acumulación de azúcares a partir de enero hasta la cosecha, debido a la migración de productos de la fotosíntesis que se dirigen hacia las bayas (Ribéreau-Gayon et al., 2006). Si bien en los primeros dos momentos de muestreo, no se encontraron diferencias significativas entre sitios, para esta variable en la cosecha, fue en Los Cerrillos dónde se registraron los mayores contenidos de sólidos solubles. Las diferencias en la evolución entre los dos sitios podrían explicarse por el conjunto de variables en los cuales se diferenciaron. Entre estos, las precipitaciones ocurridas en los meses de febrero y marzo. A su vez el sistema de conducción en el caso de Los Cerrillos tiene un papel importante debido a que la lira permite una mayor superficie foliar expuesta entre otros factores que pueden afectar la maduración. Estos resultados podrían explicarse por el menor volumen de precipitaciones ocurridas en Los Cerrillos en comparación con Garzón durante la maduración, más horas de sol y un sistema de conducción, lira, que promueve entre otros factores la acumulación de azúcares en las bayas (González-Neves & Ferrer,

2008). Además, las condiciones de luminosidad y el balance hídrico a partir del verano desempeñan un papel fundamental en la evolución del contenido de sólidos solubles en las bayas (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

**Figura 13**

*Evolución de los sólidos solubles en la maduración según sitio*



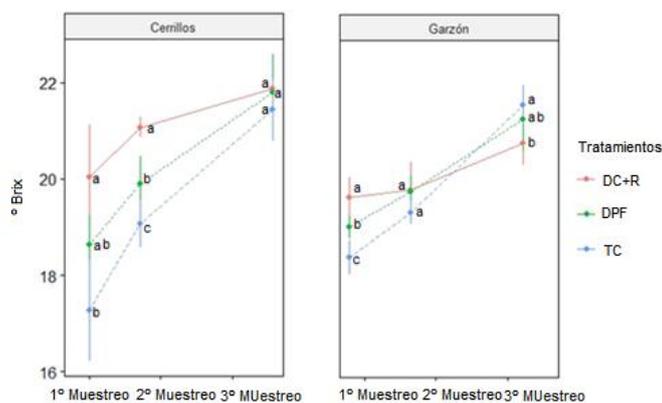
*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ).

La figura 14 muestra el contenido de sólidos solubles en cada sitio según tratamiento. En el caso de Los Cerrillos, las diferencias fueron de importante magnitud en el primer muestreo, donde ambas alternativas de deshojado, particularmente DC+R, tuvieron mayor acumulación de sólidos solubles que el TC. Sin embargo, estas diferencias disminuyeron en el transcurso de la maduración, no registrándose diferencias significativas entre los tratamientos en cosecha. Esto se debe a que el efecto de los tratamientos se expresó más temprano en el ciclo de maduración y luego, disminuyó con el tiempo, particularmente en DC+R. En Garzón, ocurre algo similar, debido a que el tratamiento TC presentó una mayor tasa de incremento en los azúcares para el período. En ambos sitios la tasa de acumulación de azúcares guarda una relación positiva con el IR. En el primer muestreo el tratamiento DC+R registró mayores contenidos de sólidos en comparación con los otros tratamientos. Sin embargo, durante la maduración, las uvas de las vides testigo (TC) que tuvieron mayor tasa de

acumulación de sólidos solubles, sin diferencias significativas hacia la cosecha. El tratamiento TC presentó la mayor acumulación de sólidos solubles, sin diferencias significativas con DPF, pero sí con DC+R. Esto podría deberse a que, estas plantas como se mencionó anteriormente estuvieron desequilibradas (índice Ravaz) a favor de la producción de madera. A su vez, la combinación de deshojado + raleo para este sitio en particular provocó que las plantas tuvieran menor fuente y una capacidad de fosa por debajo de lo recomendado, provocando que no todos los fotoasimilados fueran al racimo y quedaran retenidos en el follaje. Existen evidencias de que este fenómeno puede adelantar la senescencia del follaje.

**Figura 14**

*Evolución de los Sólidos solubles según tratamiento*



*Nota:* Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ).

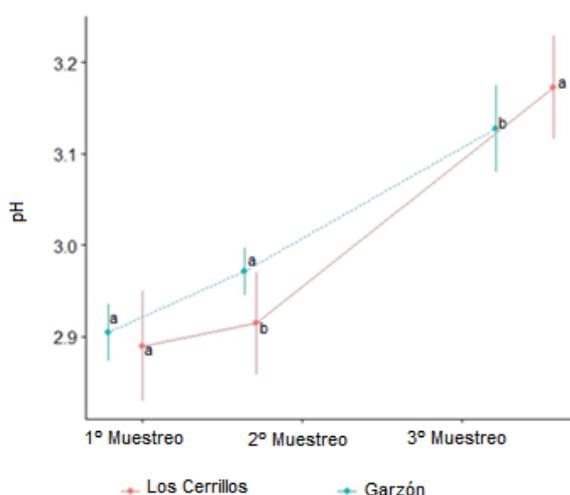
### 5.2.3 Evolución del pH

La figura 15 se muestra la evolución del pH durante la maduración según sitio de cultivo, se puede observar que el mismo sigue la tendencia habitual durante la maduración. En los dos primeros momentos de muestreo, las uvas de Garzón tuvieron un pH significativamente mayor que las de Los Cerrillos. Posteriormente el pH se incrementó a una tasa superior en las uvas de Los Cerrillos alcanzando a cosecha los valores mayores registrados. Es importante destacar que los pH registrados para ambos sitios en la cosecha fueron inusualmente bajos, debido a que la uva no se encontraba en el punto de madurez adecuado. A modo de referencia, en trabajos con

Marselan, González-Neves et al. (2015) en el sur de Uruguay, reportan valores de pH en mostos a cosecha de 3,47 y 3,45 respectivamente para las vendimias 2013 y 2014. Como se sabe el pH aumenta por tres factores principalmente en la etapa de maduración, teniendo una mayor relevancia el efecto de dilución en ese año.

### Figura 15

*Evolución del pH durante la maduración según sitio de cultivo*



*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ).

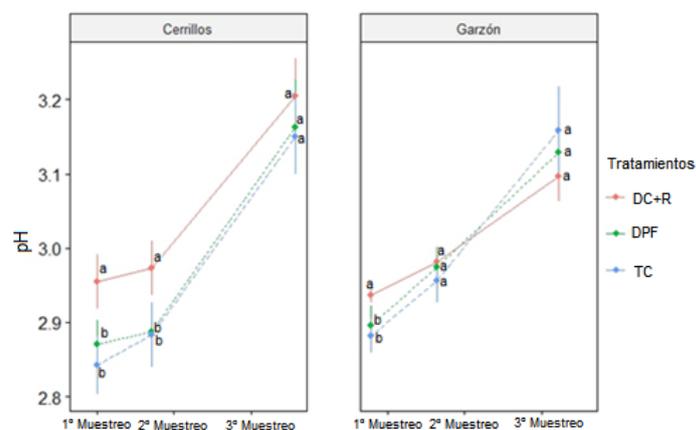
En la figura 16 se presenta la evolución del pH por sitio de cultivo y tratamiento, lo que permite observar, que se registraron diferencias en su evolución dependiendo del tratamiento y del sitio donde fue aplicado. En el caso de Los Cerrillos, las uvas correspondientes al tratamiento DC+R registraron los valores más elevados de pH si bien las mayores diferencias con los otros tratamientos se registraron en los muestreos previos a la cosecha. Esto es coherente con la evolución presentada en los sólidos solubles y confirman que el tratamiento aceleró la maduración de la uva respecto al TC y al DPF, en particular en las primeras etapas del proceso. Por otro lado, Reynolds et al. (1986) mencionaron en su estudio que las plantas sometidas a deshojado presentaban racimos con mayor exposición a la radiación y tendían a tener un pH más alto en el mosto al momento de la cosecha. Estos resultados se corresponden con lo observado en Los Cerrillos, donde los tratamientos con

deshojado, aunque no mostraron diferencias significativas en comparación con el grupo de control, tendieron a tener un pH más alto.

Sin embargo, en Garzón la evolución del pH según tratamiento fue diferente y se corresponde con lo discutido para la variable sólidos solubles. En el primer momento de muestreo se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo DC+R significativamente superior a DPF y TC. Sin embargo, en los siguientes momentos de muestreo y particularmente en la cosecha, DC+R presentó los menores registros de pH, si bien las diferencias no fueron significativas entre los tratamientos. Estos resultados se corresponden con lo mencionado por Almanza-Merchán (2011), quien describe que en aquellos tratamientos con raleo de racimos el pH fue inferior a cosecha en relación a los tratamientos que solo se practicó deshojado. A su vez, los autores Staff et al. (1997), Percival et al. (1994), Arnold y Bledsoe (1990) y Smart (1985), afirmaron que las vides sometidas a deshojado, independientemente del momento en que se realizó, presentaron un pH más bajo en la cosecha en comparación con las variedades sin deshojado.

**Figura 16**

*Evolución del pH según tratamiento*



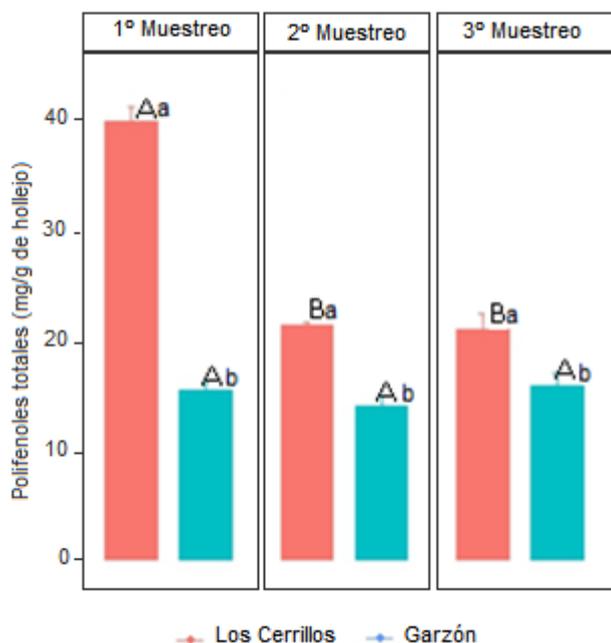
*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ).

#### 5.2.4 Polifenoles totales

En la figura 17 se muestra el contenido de polifenoles totales expresados en gramos de hollejo para cada uno de los sitios analizados. Se observa que la capacidad de síntesis de polifenoles totales fue superior en Los Cerrillos en comparación con Garzón en los tres momentos de muestreo. Las mayores diferencias se expresan en el primer muestreo reduciéndose hacia cosecha si bien en todos los casos fueron significativos. En Los Cerrillos los contenidos de polifenoles disminuyeron significativamente durante la primera etapa de la maduración. Estos resultados se corresponden con lo presentado por Kennedy, Matthews et al. (2000) y Obreque-Slier et al. (2010), quienes mencionaron que el contenido de polifenoles totales tiende a aumentar hasta el envero y luego disminuye hacia la cosecha. Sin embargo, en Garzón los contenidos de estos compuestos se mantuvieron estables durante todo el período.

**Figura 17**

*Contenido de polifenoles totales según sitio de cultivo*



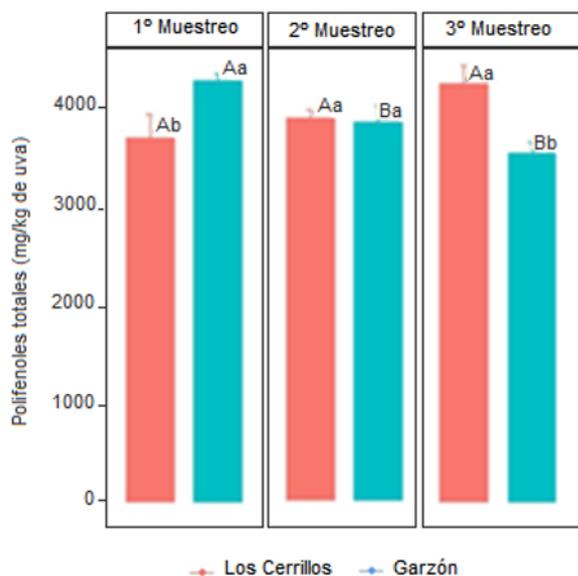
*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ). Mayúsculas indican diferencias entre fechas de muestreo, minúsculas indican diferencias entre sitios y fecha de muestreo.

Cuando se comparan los contenidos de polifenoles totales expresados por kilogramo de uva para ambos sitios (Figura 18) se observa que, Los Cerrillos mostraron una tendencia a incrementarse con el tiempo, mientras que lo opuesto se observó en las uvas de Garzón, si bien las diferencias no fueron estadísticas en todos los casos, tiene correspondencia con lo observado en la evolución del metabolismo primario y en la proporción de hollejos para ambos sitios (ver figura 9). En el caso de Los Cerrillos, no se encontraron diferencias significativas entre los sitios para las tres fechas de muestreo. No obstante, se observaron diferencias significativas en el primer muestreo en comparación con Garzón, siendo este último significativamente superior en términos de capacidad de síntesis por kilogramo de uva.

En Garzón, se encontraron diferencias significativas en las tres fechas. En cuanto al primer muestreo, aunque se encontraron diferencias significativas entre los sitios, se evidenciaron diferencias significativas en la misma fecha de muestreo, siendo Garzón superior a Los Cerrillos. Esto podría explicarse por un efecto de dilución de los compuestos en el volumen total de la baya, debido a las precipitaciones registradas en ese periodo. Los resultados obtenidos en Garzón se corresponden con el trabajo presentado por Crippen y Morrison (1986), quienes mencionan que el contenido de polifenoles totales tiende a disminuir hacia la cosecha. Además, destacaron que existe una correlación negativa entre la concentración de polifenoles totales y el aumento de precipitaciones en la variedad Trebbiano. Esto concuerda con las precipitaciones registradas en Garzón durante el último mes de maduración, lo cual podría explicar la disminución en el contenido de polifenoles totales debido a un efecto de dilución por el aumento en el volumen total de la baya.

**Figura 18**

*Contenido de polifenoles totales expresados por kilogramo de uva en los sitios de cultivo*

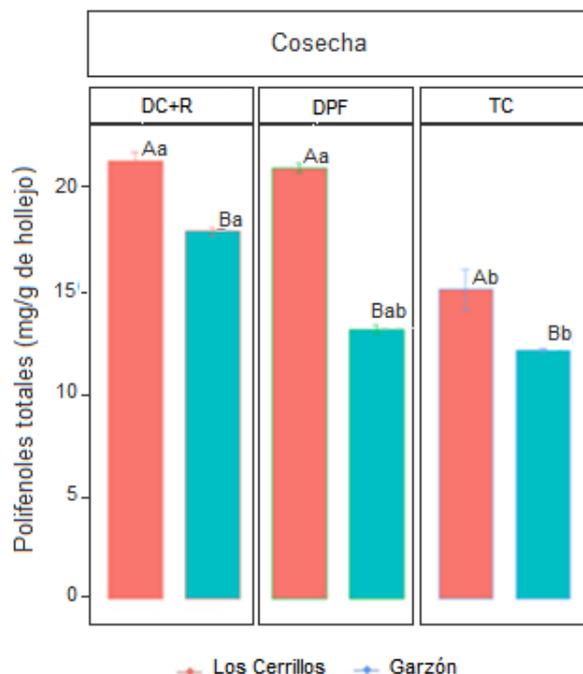


*Nota.* Mayúsculas comparan entre fechas, minúsculas comparan sitio y fecha.

En la figura 19 se presenta el contenido de polifenoles totales expresado en miligramos por gramo de hollejo para la cosecha. Se observa que, independientemente del tratamiento aplicado, el contenido de polifenoles fue significativamente mayor en Los Cerrillos en comparación con Garzón. En ambos sitios, el tratamiento DC+R mostró un contenido de polifenoles totales superior a los tratamientos DPF y TC, esto se debió a que la combinación de deshojado + raleo estimuló la biosíntesis de los polifenoles (Matus et al., 2006). Es interesante destacar que las mayores diferencias significativas se encontraron en el tratamiento con DPF. Estos resultados para la cosecha concuerdan con el trabajo presentado por Morrison y Noble (1990). En dicho estudio, se evaluó el contenido de polifenoles totales en vides sometidas a diferentes intensidades de defoliación. Los resultados mostraron que las plantas con defoliación presentaron un mayor contenido de polifenoles totales en comparación con aquellas sin defoliación. Estos hallazgos respaldan los estudios previos que sugieren que la defoliación puede aumentar la concentración de polifenoles totales en las bayas.

**Figura 19**

*Evolución de la síntesis de polifenoles totales en la cosecha según tratamientos*

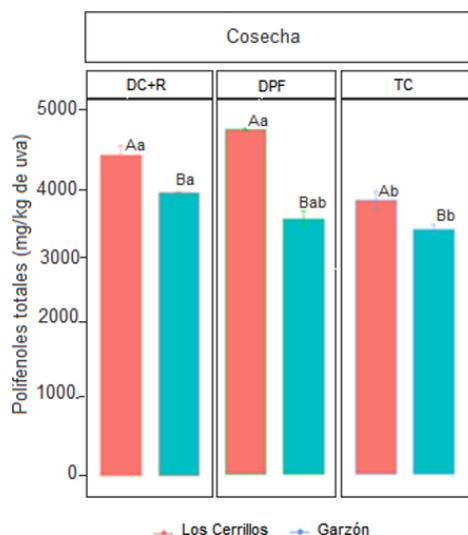


*Nota.* Letras mayúsculas comparan entre sitio, minúsculas comparan tratamientos.

En base a la información proporcionada anteriormente, se observa que en la evaluación del contenido de polifenoles expresado en kilogramos de uva por tratamiento (figura 19). Los Cerrillos mostró un mayor contenido de polifenoles totales en comparación con Garzón, independientemente del tratamiento aplicado. Además, los tratamientos con defoliación presentaron un mayor contenido de polifenoles totales en comparación con el TC en ambos sitios. Estos resultados son consistentes con el trabajo presentado por Smith et al. (1988), quien investigó el efecto del deshojado en la composición de la uva. En su estudio, encontró que los deshojados realizados en etapas tempranas presentaron un mayor contenido de antocianos y polifenoles totales en comparación con el control sin deshojado. Las defoliaciones más tempranas tuvieron un mayor impacto en la síntesis de polifenoles en comparación con los deshojados realizados en etapa de envero. Los resultados indican que, en ambos sitios Los Cerrillos mostró una mayor síntesis de polifenoles totales en comparación con Garzón. Además, los tratamientos con defoliación tuvieron un efecto positivo en la síntesis de polifenoles totales, lo cual es consistente con estudios anteriores que han demostrado el impacto beneficioso de la defoliación en la composición de la uva, especialmente cuando se realiza en etapas tempranas del desarrollo de la vid.

**Figura 20**

*Contenido de polifenoles totales en las semillas por tratamiento en la cosecha*



*Nota.* Letras mayúsculas comparan entre sitio, minúsculas comparan tratamientos.

En la figura 20 se presenta el contenido de polifenoles totales en la semilla, expresado por gramo de semilla. Se observó mayor síntesis de polifenoles en las semillas de Los Cerrillos para todos los tratamientos evaluados con respecto a Garzón. El tratamiento DPF presentó mayor síntesis de polifenoles en las semillas, mientras que en Garzón el tratamiento que presentó mayor síntesis de polifenoles en las semillas fue el DC+R. Estos resultados corresponden con lo presentado anteriormente, en los cuales el deshojado incrementó el contenido de polifenoles en los hollejos, ocurriendo lo mismo con las semillas. Además, en el caso de Garzón el contenido de polifenoles en las semillas se vio incrementado por acción del raleo, estos resultados coinciden con los presentados por González-Neves & Ferrer (2008), quienes evaluaron el efecto del raleo en dos sistemas de conducción para la variedad Merlot.

### 5.2.5 Taninos

La figura 21 muestra el contenido de taninos en los hollejos de ambos sitios según fecha de muestreo. Los taninos típicamente se sintetizan desde las primeras etapas de floración y crecimiento de la baya, aumentando su contenido en los hollejos hasta el envero, luego de este ocurre una fase de meseta en donde se mantienen constantes o disminuyen por degradación. Sin embargo, en las semillas el contenido de taninos de

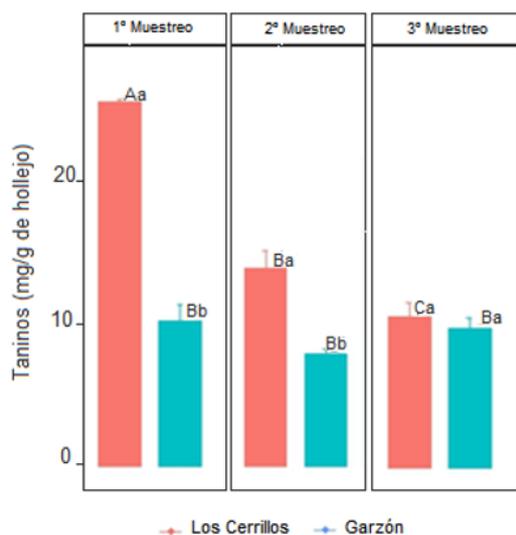
las mismas aumenta hasta el envero al igual que en los hollejos, pero luego disminuyen por oxidación como forma de preservar el embrión (Bindon et al., 2013).

Es posible observar que la síntesis de taninos por gramo de hollejo fue significativamente mayor en Los Cerrillos en comparación con Garzón en los primeros dos momentos de muestreo, no siendo así en cosecha. Estos resultados corresponden con los obtenidos previamente en la síntesis de polifenoles totales, donde también se encontró una mayor capacidad en relación a Garzón.

De acuerdo a la figura 21, para Los Cerrillos se puede apreciar una disminución en el contenido de taninos durante la maduración. Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Obreque-Slier et al. (2010), donde se evaluó el contenido de taninos en hollejos de la variedad Camenere. Estos resultados a su vez coinciden con lo presentado por Bindon et al. (2013) y Ortega-Regules et al. (2008) quienes, en su investigación encontraron que la síntesis de taninos tiende a ser mayor al inicio de la maduración y luego a disminuir hacia la cosecha. Cuando se pretende ver el efecto de los diferentes tratamientos en la primera fecha de muestreo, es posible observar que en Los Cerrillos no hubo un efecto del tratamiento en la síntesis de taninos, pero sí un efecto mayor de fecha de muestreo frente a este último. Por lo contrario, para Garzón no se observa una evolución importante en los contenidos de estos compuestos durante la maduración.

**Figura 21**

*Evolución de la síntesis de taninos en los hollejos durante la maduración*

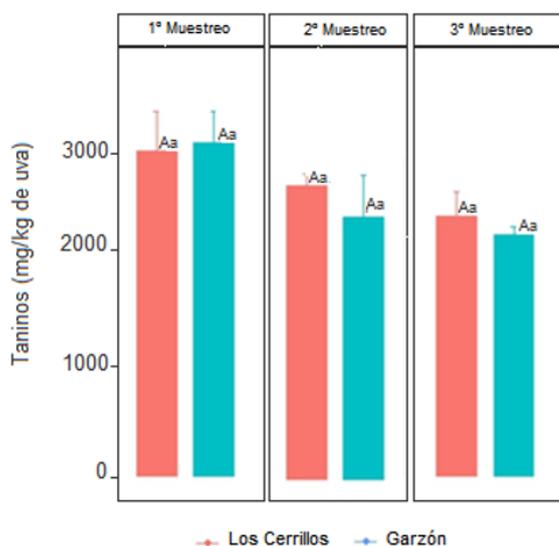


*Nota.* Mayúsculas comparan sitios, minúsculas comparan fechas de muestreo (1, 2 y 3 indican momentos de muestreo).

Cuando se compara el contenido de taninos en miligramos por kilogramo de uva para los dos sitios de cultivo (Figura 22) se puede observar una tendencia consistente en ambos sitios, donde la concentración de taninos tuvo una tendencia a disminuir con el transcurso de la maduración de la baya. No se observaron diferencias con respecto a la figura anterior (Figura 21).

**Figura 22**

*Evolución del contenido de taninos de hollejos expresado por kilogramo de uva*



*Nota.* Mayúsculas comparan sitios, minúsculas comparan fechas de muestreo.

La figura presentada a continuación (Figura 23) muestra los niveles de taninos sintetizados en los hollejos de la uva al momento de la cosecha, considerando los diferentes tratamientos aplicados en ambos sitios de estudio.

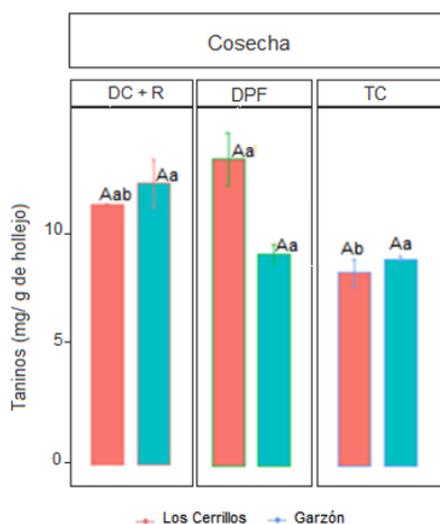
Se puede observar que, tanto en el sitio de Los Cerrillos como en el de Garzón, los tratamientos que involucraron el deshojado de las plantas exhibieron niveles más altos de síntesis de taninos en comparación con el TC. Específicamente, en el caso de Los Cerrillos, el tratamiento DPF mostró la mayor síntesis de taninos en los hollejos en comparación con los demás tratamientos. Por otro lado, en el sitio de Garzón, el tratamiento que exhibió una tendencia hacia una mayor síntesis de taninos en los hollejos fue DC+R. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los hallazgos presentados por Blancquaert et al. (2019), donde se investigó la influencia de la luz y la temperatura en la síntesis de flavonoides en la variedad Cabernet

Sauvignon. Según los autores, las plantas que experimentaron una modificación en la relación fuente/fosa mediante deshojado, tuvieron una mayor exposición de los racimos, y niveles más altos de síntesis de taninos al momento de la cosecha en comparación con el TC. En el caso de Garzón los resultados obtenidos en DC+R concuerdan con los obtenidos por González-Neves y Ferrer (2008) quienes afirmaron que el raleo afectó favorablemente la biosíntesis de taninos en los hollejos de uvas de Merlot.

Sin embargo, el efecto presentado en DPF en Los Cerrillos sería relevante desarrollarlo en futuras investigaciones, y su efecto cuando se combina con raleo en este sitio.

### Figura 23

*Contenido de taninos de hollejos en cosecha por tratamiento y sitio*



*Nota.* Mayúsculas comparan sitio, minúsculas comparan tratamientos.

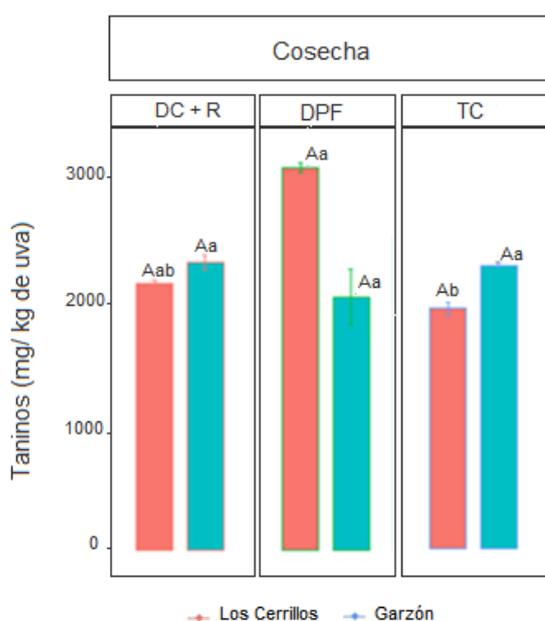
Cuando se evalúan los contenidos de taninos de los hollejos, expresado en miligramos por kilogramo de uva (figura 24), al momento de la cosecha para ambos sitios y para los diferentes tratamientos evaluados, se puede observar una tendencia consistente con lo mencionado anteriormente, donde los tratamientos con deshojado presentaron mayores contenidos de taninos en comparación con el TC. Estos resultados son consistentes con los hallazgos presentados por Morrison y Noble (1990) quienes encontraron una mayor exposición de los racimos a través de deshojados, independientemente de la intensidad de defoliación, resultaron con niveles más altos

de taninos en comparación con aquellos racimos que estuvieron sombreados durante toda la temporada de crecimiento.

Además del efecto de los tratamientos, el sistema de conducción en lira utilizado en Cerrillos posiblemente contribuyó a una mayor exposición de racimos y en consecuencia una mayor incidencia de luz solar y radiación UV que Song et al. (2015) asociaron a mayores contenidos de taninos en Pinot Noir. A su vez, al igual que en la figura anterior para Los Cerrillos el tratamiento DPF fue quien presentó mayor contenido de taninos, es de relevancia para futuras investigaciones desarrollar el efecto de este deshojado en este sitio en particular, y ver su efecto en combinación con raleo como se mencionó anteriormente.

#### Figura 24

Contenido de taninos en los hollejos expresados en kilogramos de uva en la cosecha



*Nota.* Mayúsculas comparan sitio, minúsculas comparan tratamientos.

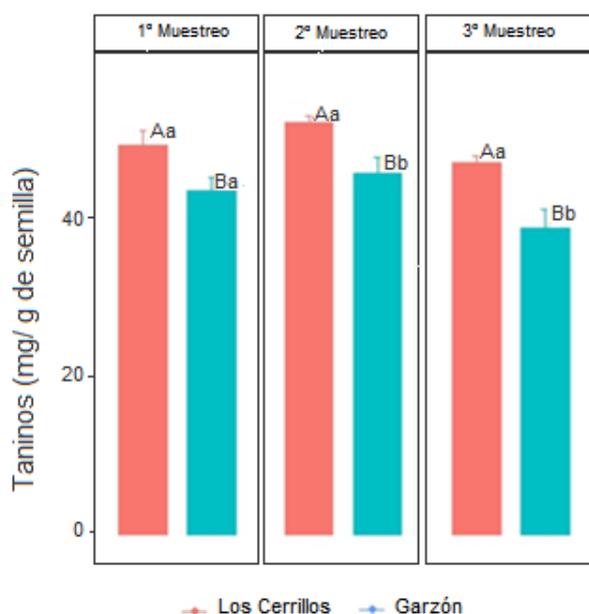
En la Figura 25 se presenta el contenido de taninos en las semillas para ambos sitios de estudio en miligramos por gramo de tejido. Se puede observar que en Los Cerrillos las semillas tuvieron significativamente mayores contenidos de taninos en comparación con las de las uvas de Garzón. En el caso de Los Cerrillos, se evidencia una tendencia pronunciada a la disminución del contenido de taninos en las semillas a

medida que avanza la maduración de la baya. Específicamente, en el segundo y tercer muestreo, se registraron niveles significativamente más altos de taninos en comparación con Garzón. Esto podría explicarse debido a que las uvas de Los Cerrillos presentaron mayor capacidad de síntesis de estos compuestos, si bien la tendencia es a disminuir a medida que madura la semilla, éstas tuvieron mayores contenidos de taninos en relación con las uvas de Garzón. Si bien, en Garzón se observa una ligera disminución en la concentración de taninos hacia la cosecha, no es tan evidente como en el caso de Los Cerrillos, debido a que la tasa de degradación fue menos pronunciada para el mismo período de tiempo.

Los resultados concuerdan con los hallazgos presentados por diversos estudios (Bogs et al., 2005; Cortell & Kennedy, 2006; Downey et al., 2006; Kennedy, Matthews et al., 2000; Kennedy, Troup et al., 2000). Estos estudios encontraron que antes del envero se alcanza la concentración máxima de taninos en las semillas, disminuyendo posteriormente con la maduración, registrándose los menores contenidos en la cosecha, debido a la oxidación de estos compuestos como forma de protección del embrión para garantizar su supervivencia (Bindon et al., 2014).

### Figura 25

*Contenido de taninos en las semillas durante la maduración en ambos sitios de cultivo*



*Nota.* Mayúsculas comparan sitios, minúsculas comparan fechas de muestreo.

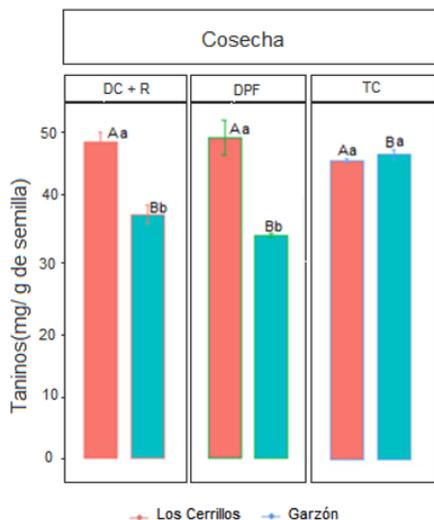
La Figura 26 presenta el contenido de taninos en las semillas expresado en miligramos por gramos de semilla, para cosecha en ambos sitios de estudio. Se puede observar que en las uvas de Los Cerrillos se encontró una concentración significativamente mayor de taninos de semilla en comparación con las de Garzón. Esto podría deberse a que en Los Cerrillos el sistema de conducción en lira permite una mayor superficie de área foliar expuesta en relación a la espaldera (Garzón), permitiendo mejorar la eficiencia en el uso de la radiación y por lo tanto mayor síntesis de compuestos. Estos resultados no concuerdan con lo expresado por González-Neves y Ferrer (2008), quienes evaluaron el comportamiento de la variedad Merlot en lira y espaldera y como afectaba el sistema de conducción la síntesis de compuestos; los autores no encontraron diferencias significativas en el contenido de taninos de semillas para dicha variedad en función del sistema de conducción.

Además, se puede observar que los tratamientos que implicaron deshojados en Los Cerrillos presentaron un contenido de taninos en las semillas más elevado en comparación con el TC, no encontrándose diferencias significativas para el TC en ninguno de los sitios. Estos resultados indican que, en Los Cerrillos el deshojado influyó positivamente en la concentración de taninos en las semillas, resultando en un contenido mayor en comparación con el TC. Estos hallazgos son consistentes con los presentados por Durán Beya (2010), quien encontró que las semillas de plantas sometidas a deshojados tardíos presentaban menores contenidos de taninos a lo largo de la maduración en la variedad de uva Carmenere.

Por el contrario, en Garzón se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos, el TC resultó en una mayor concentración de taninos en las semillas en comparación con los tratamientos que involucraron deshojado. Esto podría explicarse debido a que en Garzón la defoliación podría haber comprometido la síntesis de estos compuestos ya que la fuente fue considerablemente limitante.

**Figura 26**

*Contenido de taninos en las semillas por tratamiento en cosecha*



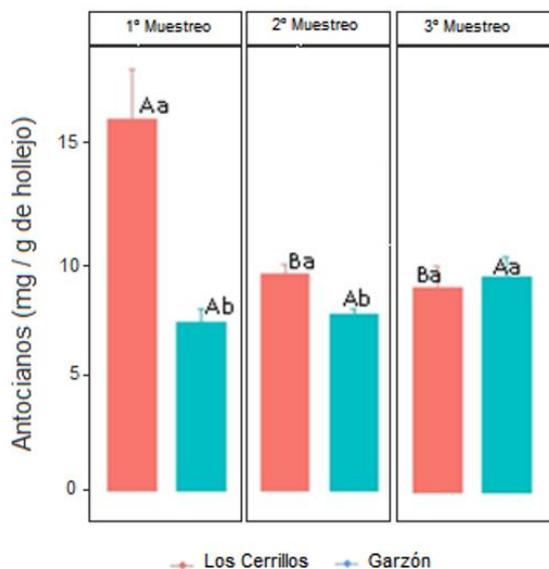
*Nota.* Mayúsculas comparan sitio, minúsculas comparan tratamientos.

### 5.2.6 Antocianos

En la Figura 27 se presentan las concentraciones de antocianos en los hollejos de las uvas, de ambos sitios en los diferentes momentos de muestreo. Los antocianos típicamente aparecen en el envero, produciendo el cambio de color y se acumulan durante la maduración, pudiendo alcanzar un máximo que puede coincidir con la madurez tecnológica (criterio de cosecha que tiene en cuenta la evolución de la acidez total y los azúcares de las uvas), o darse posteriormente, aspecto que es igualmente condicionado por la variedad y las condiciones ambientales registradas durante la maduración (Amrani Joutei & Glories, 1994; Kontoudakis et al., 2011; González-Neves et al., 2010). Esta tendencia no fue la observada en Los Cerrillos en los presentes ensayos (Figura 27). Sin embargo, Mattivi et al. (2009) citan que estos compuestos pueden registrar un descenso significativo en las etapas finales del proceso de maduración. Cabe recordar que, en los ensayos se realizó el seguimiento del proceso de maduración en el mes previo a la cosecha, y, por lo tanto, puede observarse que para el período evaluado el balance de síntesis y degradación fue negativa. Además, se debe considerar que la climatología en esta vendimia fue adversa para promover el correcto desarrollo de la maduración, particularmente en Los Cerrillos. Por el contrario, en Garzón se observó la evolución esperada, si bien la magnitud de la misma (incremento de antocianos) fue menor a la que suele registrarse en este período (González-Neves, 2005).

**Figura 27**

Contenido de antocianos en el último mes de maduración para los sitios de cultivo

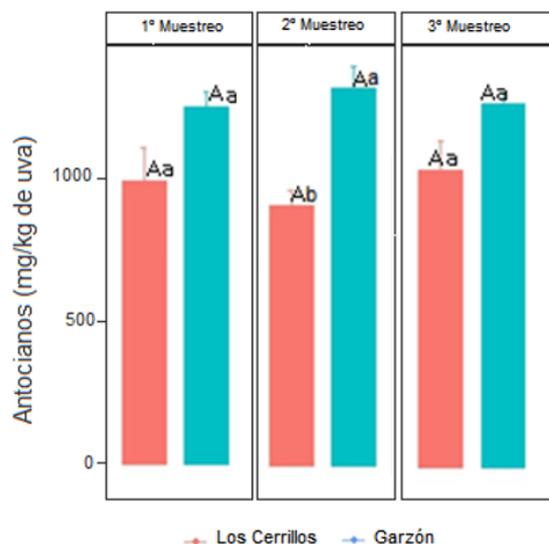


*Nota.* Mayúsculas comparan sitios, minúsculas comparan momentos de muestreo.

En la figura 28 se muestra el contenido de antocianos expresado en miligramos por kilogramo de uva al momento de la cosecha para los dos sitios de evaluación. Es posible observar un comportamiento similar al observado en taninos anteriormente, observándose en el primer momento de muestreo para Los Cerrillos mayor síntesis en relación a los muestreos posteriores. A su vez no se encontraron diferencias significativas para los sitios en cosecha, pero si en el segundo momento de muestreo, donde se vieron las mayores diferencias entre ambos sitios. Sin embargo, en Garzón los antocianos tienen una leve tendencia al aumento hacia la cosecha. Debido a esto, cuando se expresa el contenido de antocianos por kilogramo de uva, se observó una mayor proporción de hollejos debido a que las bayas fueron sensiblemente más pequeñas, lo que explicaría los mayores valores en este sitio. Es importante destacar que los niveles de antocianos no experimentaron variaciones en total del período analizado, un resultado diferente a lo esperado. Esta discrepancia puede atribuirse a las condiciones climáticas particulares del año 2021.

**Figura 28**

*Evolución del contenido de antocianos expresados en kilogramos de uva durante la maduración*



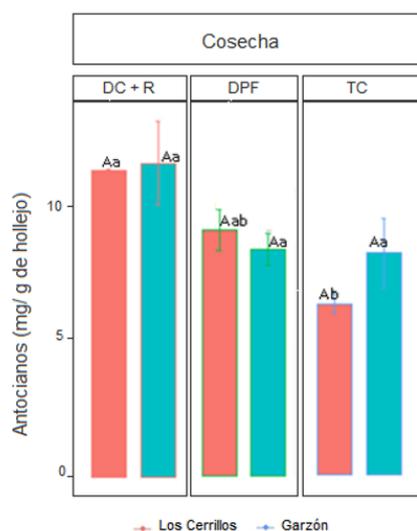
*Nota.* Mayúsculas comparan sitios, minúsculas comparan momentos de muestreo.

En la figura 29 se muestra el contenido de antocianos al momento de la cosecha para los sitios evaluados y los diferentes tratamientos. Se observa que, en ambos sitios el tratamiento DC+R exhibió la mayor síntesis de antocianos, seguido por el tratamiento DPF, y en menor proporción, el TC. Estos resultados indican que, en ambos sitios de estudio, el tratamiento DC+R mostró una mayor capacidad de síntesis de antocianos en comparación con los otros tratamientos, este resultado coincide con los hallazgos de González-Neves y Ferrer (2008), quienes afirman que el raleo en bayas de Merlot tuvo un efecto positivo en la síntesis de estos compuestos tanto en los sistemas de conducción en lira como espaldera. El tratamiento DPF también presentó una síntesis significativa de antocianos, aunque en menor medida que el tratamiento DC+R. Por otro lado, el TC mostró la menor síntesis de antocianos entre los tratamientos evaluados. Estos hallazgos sugieren que la aplicación de tratamientos con defoliaciones, como el DC+R y el DPF, favorece la síntesis de antocianos en los hollejos en ambos sitios de estudio. Estos resultados concuerdan con lo presentado por Morrison y Noble (1990) quienes proponen que plantas defoliadas y con racimos más expuestos presentaron 68% más de antocianos en relación al control sin defoliar. En el mismo sentido Song et al. (2015) determinaron para Pinot Noir que, un aumento

de la exposición a la luz solar incrementó la proporción de antocianos un 45%, en tanto que mayor incidencia de radiación UV promovió un aumento del 66%.

### Figura 29

Contenido de antocianos en la cosecha por tratamiento

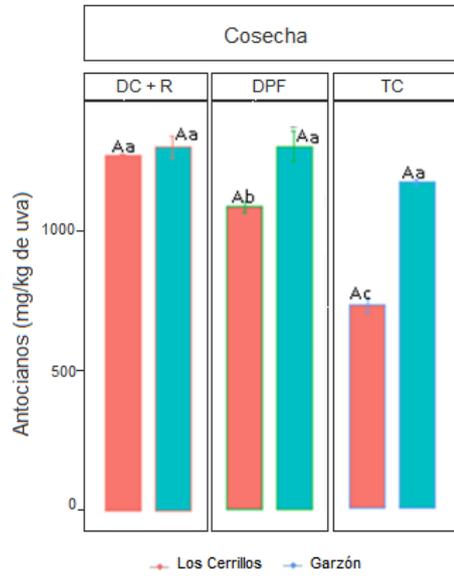


*Nota.* Mayúsculas comparan sitio, minúsculas comparan tratamientos.

En la figura 30 se muestra el contenido de antocianos expresado en kilogramos de uva al momento de la cosecha para los dos sitios evaluados. No se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos DC+R y DPF en ambos sitios. Sin embargo, en el caso de Los Cerrillos, el tratamiento TC fue significativamente menor en comparación con Garzón. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Tardáguila, Blanco et al. (2008), quienes evidenciaron que plantas sometidas a una defoliación no severa alcanzaron niveles más altos de maduración en comparación con las no defoliadas. Además, se encontró que las plantas sometidas a defoliación presentaron mayores contenidos de antocianos en comparación con el control. Asimismo, encontró que el momento de la defoliación no afectó la síntesis de compuestos.

**Figura 30**

Contenido de antocianos expresado en kilogramos de uva por tratamientos en la cosecha



## 6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten concluir que los tratamientos influyeron significativamente en la maduración, composición y síntesis de metabolitos secundarios en uvas de la variedad Marselan.

Las diferencias climáticas y geográficas entre Los Cerrillos y Garzón durante el ciclo 2020-2021 influyeron significativamente en el desarrollo y composición de la baya. Los Cerrillos presentaron mayores temperaturas máximas, irradiancia y heliofanía relativa, especialmente durante la maduración. Es decir, condiciones que favorecen la síntesis de flavonoles, aunque podrían limitar la acumulación de antocianos. Por el contrario, Garzón experimentó temperaturas moderadas y una menor heliofanía, atribuida a la influencia del Océano Atlántico. A su vez Garzón registró precipitaciones superiores tanto en comparación con Los Cerrillos como con un año típico, lo que generó un ambiente menos favorable para la maduración.

Los tratamientos DC+R y DPF en ambos sitios de evaluación demostraron ser efectivos en mejorar la calidad de las uvas, en especial promoviendo la síntesis de compuestos fenólicos, los cuales tienen gran relevancia para la producción de vinos de alta gama.

La síntesis de antocianos para ambas localidades fue superior en el tratamiento DC+R, permitiendo observar que una mayor exposición del racimo favorece la síntesis de dichos compuestos.

Los componentes físicos del terroir (suelo y clima), junto al sistema de conducción y el material vegetal (portainjerto 110R en Los Cerrillos y 101.14Mgt en Garzón), influyeron de manera significativa en el efecto de los tratamientos sobre la expresión vegetativa y el equilibrio de la planta. El tratamiento DC+R, el más exitoso desde el punto de vista de la acumulación de antocianos y polifenoles, tuvo los valores de índice Ravaz más bajos en ambos sitios (5.3 y 3.7 para Los Cerrillos y Garzón respectivamente). Estos valores del índice podrían tomarse como referencias de equilibrio más adecuadas para obtención de máxima calidad en cada uno de los terroir estudiados.

Finalmente, sería de gran interés reiterar estudios similares, para confirmar los resultados y evaluar posibles efectos acumulativos de los tratamientos sobre las variables de respuesta de la planta.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Almanza-Merchán, P. J. (2011). *Determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de vid (Vitis vinífera L.) bajo condiciones de clima frío tropical* [Disertación doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7895>
- Alonso-Suárez, R., Abal, G., Musé, P., & Siri, R. (2014). Satellite-derived solar irradiation map for Uruguay. *Energy Procedia*, 57, 1237-1246.  
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.072>
- Amrani Joutei, K., & Glories, Y. (1994). Étude en conditions modèles de l'extractibilité des composés phénoliques des pellicules et des pépins de raisins rouges. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 28(4), 303-317.  
<http://doi.org/10.20870/oeno-one.1994.28.4.1134>
- Arnold, R. A., & Bledsoe, A. M. (1990). The effect of various leaf removal treatments on the aroma and flavor of Sauvignon blanc wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 41(1), 74-76. <https://doi.org/10.5344/ajev.1990.41.1.74>
- Arrillaga, L., Echeverría, G., Izquierdo, B., Rey, J. J., Pallante, A., & Ferrer, M. (2021). Response of Tannat (*Vitisvinifera L.*) to pre-flowering leaf removal in a humid climate. *OENO One*, 55(2), 251-266. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4613>
- Bakker, J., & Timberlake, C. F. (1985). The distribution of anthocyanins in grape skin extracts of port wine cultivars as determined by high performance liquid chromatography. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36(12), 1315-1324. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740361217>
- Bergqvist, J., Dokoozlian, N., & Ebisuda, N. (2001). Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(1), 1-7. <https://doi.org/10.5344/ajev.2001.52.1.1>
- Bindon, K. A., Madani, S. H., Pendleton, P., Smith, P. A., & Kennedy, J. A. (2014). Factors affecting skin tannin extractability in ripening grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(5), 1130-1141.  
<https://doi.org/10.1021/jf4050606>

- Bindon, K., Varela, C., Kennedy, J., Holt, H., & Herderich, M. (2013). Relationships between harvest time and wine composition in *Vitisvinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon: 1: Grape and wine chemistry. *Food Chemistry*, 138(2-3), 1696-1705. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.146>
- Blancquaert, E. H., Oberholster, A., Ricardo-da-Silva, J. M., & Deloire, A. J. (2019). Grape flavonoid evolution and composition under altered light and temperature conditions in Cabernet Sauvignon (*Vitisvinifera* L.). *Frontiers in Plant Science*, 10, Artículo e1062. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01062>
- Bogs, J., Downey, M. O., Harvey, J. S., Ashton, A. R., Tanner, G. J., & Robinson, S. P. (2005). Proanthocyanidin synthesis and expression of genes encoding leucoanthocyanidin reductase and anthocyanidin reductase in developing grape berries and grapevine leaves. *Plant Physiology*, 139(2), 652-663. <https://doi.org/10.1104/pp.105.064238>
- Boulton, R. (2001). The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(2), 67-87. <https://doi.org/10.5344/ajev.2001.52.2.67>
- Bradford, K. J., & Hsiao, T. C. (1982). Stomatal behavior and water relations of waterlogged Tomato plants. *Plant Physiology*, 70(5), 1508-1513. <https://doi.org/10.1104/pp.70.5.1508>
- Bucelli, P., & Giannetti, F. (1996). Incidenza del diradamento dei grappoli sulla composizione dell'uva e sulla qualità del vino. *Rivista di Viticoltura e di Enologia*, 2, 59-67.
- Carbonneau, A. (1980). *Recherche sur les systèmes de conduite de la vigne: Essai de maîtrise du microclimat et de la planteentrièrepourproduireéconomiquement du raisin de qualité* [Disertación doctoral]. Université de Burdeaux II.
- Carbonneau, A. (1990). Influence de la conduite du vignoble sur la qualité des vins. En P. Huglin (Coord.), *Conditions du milieu et qualité du vin: Enviromental conditions and quality of wine* (pp. 13-21). Académie d'Agriculture de France.
- Carbonneau, A. (2004). *Climat du vignoble et raisonnement de l'irrigation et de la condutie* [Contribución]. Mondavi: Le mundial de l'information et de la communication vitivinicole, Bordeaux. [https://saturne.io.reseau-concept.net/saisie/upload/137029/Mondiaviti\\_2dec04.pdf](https://saturne.io.reseau-concept.net/saisie/upload/137029/Mondiaviti_2dec04.pdf)

- Carbonneau, A., Moueix, A., Leclair, N., & Renoux, J. (1991). Proposition d'une méthode de prélèvement de raisin à partir de l'analyse de l'hétérogénéité de maturation sur un cep. *Bulletin de l'OIV*, 64(727-728), 679-690.
- Castillo-Muñoz, N., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Gómez, M. V., Velders, A. H., & Hermosín-Gutiérrez, I. (2009). Flavonol 3-O-glycosides series of *Vitisvinifera* Cv. Petit Verdot red wine grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(1), 209-219. <https://doi.org/10.1021/jf802863g>
- Champagnol, F. (1984). *Éléments de physiologie de la vigne et viticulture générale*.
- Cheynier, V., Dueñas-Paton, M., Salas, E., Maury, C., Souquet, J. M., Sarni-Manchado, P., & Fulcrand, H. (2006). Structure and properties of wine pigments and tannins. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 298-305. <https://doi.org/10.5344/ajev.2006.57.3.298>
- Chira, K., Lorrain, B., Ky, I., & Teissedre, P. L. (2011). Tannin composition of Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes from the Bordeaux area for different vintages (2006 to 2009) and comparison to tannin profile of five 2009 vintage Mediterranean grapes varieties. *Molecules*, 16(2), 1519-1532. <https://doi.org/10.3390/molecules16021519>
- Cohen, S. D., Tarara, J. M., Gambetta, G. A., Matthews, M. A., & Kennedy, J. A. (2012). Impact of diurnal temperature variation on grape berry development, proanthocyanidin accumulation, and the expression of flavonoid pathway genes. *Journal of Experimental Botany*, 63(7), 2655-2665. <http://doi.org/10.1093/jxb/err449>
- Conde, C., Silva, P. F., Fontes, N., Dias, A. C., Tavares, R. M., Sousa, M. J., Agasse, A., Delrot, S., & Gerós, H. (2007). Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food*, 1(1), 1-22.
- Coniberti, A., Disegna, E., & Ferrari, V. (2014). *El balance del Tannat en el sur de Uruguay: Manual para la caracterización y el ajuste del manejo del viñedo*. INIA. <https://www.inia.uy/el-balance-del-tannat-en-el-sur-de-uruguay-manual-para-la-caracterizacion-y-el-ajuste-del-manejo>
- Coombe, B. G. (1959). Fruit set and development in seeded grape varieties as affected by defoliation, topping, girdling, and other treatments. *American Journal of Enology and Viticulture*, 10(2), 85-100. <https://doi.org/10.5344/ajev.1959.10.2.85>

- Coombe, B. G. (1962). The effect of removing leaves, flowers and shoot tips on fruit-set in *Vitisvinifera* L. *Journal of Horticultural Science*, 37(1), 1-15.  
<https://doi.org/10.1080/00221589.1962.11514023>
- Coombe, B. G. (1987). Distribution of solutes within the developing grape berry in relation to its morphology. *American Journal of Enology and Viticulture*, 38(2), 120-127. <https://doi.org/10.5344/ajev.1987.38.2.120>
- Coombe, B. G. (1992). Research on development and ripening of the grape berry. *American Journal of Enology and Viticulture*, 43(1), 101-110.  
<https://doi.org/10.5344/ajev.1992.43.1.101>
- Coombe, B. G. (1995). Growth stages of the grapevine: Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1(2), 104-110. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00086.x>
- Coombe, B. G., & 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>
- Cortell, J. M., & Kennedy, J. A. (2006). Effect of shading on accumulation of flavonoid compounds in (*Vitisvinifera* L.) Pinot Noir fruit and extraction in a model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(22), 8510-8520.  
<https://doi.org/10.1021/jf0616560>
- Crippen, D. D., & Morrison, J. C. (1986). The effects of sun exposure on the phenolic content of Cabernet Sauvignon berries during development. *American Journal of Enology and Viticulture*, 37(4), 243-247. <https://doi.org/10.5344/ajev.1986.37.4.243>
- De la Fuente, M., Linares, R., Baeza, P., & Lissarrague, J. R. (2007). Efecto del sistema de conducción en climas semiáridos sobre la maduración, composición de la baya y la exposición de los racimos en *Vitisvinifera* L. cv. Syrah. *Revista Enología*, 4, 1-9.
- Deloire, A., Carbonneau, A., Wang, Z., & Ojeda, H. (2004). Vine and water: A short review. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 38(1), 1-13.
- Deloire, A., Lopez, F., & Carbonneau, A. (2002). Réponses de la vigne et terroirs. Éléments pour une méthode d'étude. *Le Progrès agricole et viticole*, 4, 78-86.
- Del Rio, J. L. P., & Kennedy, J. A. (2006). Development of proanthocyanidins in *Vitisvinifera* L. cv. Pinot Noir grapes and extraction into wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(2), 125-132. <https://doi.org/10.5344/ajev.2006.57.2.125>

- Dharmadhikari, M. (1994). Composition of grapes. *Vineyard Vintage View Mo State University*, 9(7/8), 3-8.
- Diago, M. P., Vilanova, M., & Tardaguila, J. (2010). Effects of timing of manual and mechanical early defoliation on the aroma of *Vitisvinifera* L. Tempranillo Wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3), 382-391.  
<https://doi.org/10.5344/ajev.2010.61.3.382>
- Dokoozlian, N. K. (2000). Grape Berry Growth and Development. En L. Peter Christensen (Ed.), *Raisin Production Manual* (pp. 30-37). University of California.
- Dokoozlian, N. K., & Kliewer, W. M. (1996). Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *Journal American Society for Horticultural Science*, 121(5), 869-874.  
<https://doi.org/10.21273/JASHS.121.5.869>
- Downey, M. O., Dokoozlian, N. K., & Krstic, M. P. (2006). Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: A review of recent research. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 257-268. <https://doi.org/10.5344/ajev.2006.57.3.257>
- Downey, M. O., Harvey, J. S., & Robinson, S. P. (2003). Analysis of tannins in seeds and skins of Shiraz grapes throughout berry development. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 9(1), 15-27. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2003.tb00228.x>
- Dry, P. R., Loveys, B. R., McCarthy, M. G., & Stoll, M. (2001). Strategic irrigation management in Australian vineyards. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 35(3), 129-139. <https://doi.org/10.20870/oenone.2001.35.3.1699>
- Duchêne, E., & Schneider, C. (2005). Grapevine and climatic changes: A glance at the situation in Alsace. *Agronomy for Sustainable Development*, 25(1), 93-99.  
<https://hal.science/hal-00886271v1>
- Durán Beya, T. M. (2010). *Efecto de un deshoje tardío en la composición fenólica de semillas de bayas de cultivar Carménère* [Trabajo final de grado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.  
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112296>

- Echeverría, G., & Demetriuk, N. (2023). Influencia de las brisas de tierra y mar sobre el microclima de la canopia. En A. A. Oliveira (Ed.), *Agrárias: Pesquisa e Inovações Ciências Que Alimentam o Mundo IX* (pp. 146-159). Artemis.  
[https://doi.org/10.37572/EdArt\\_26022379811](https://doi.org/10.37572/EdArt_26022379811)
- Echeverría, G., Ferrer, M., Alonso-Suárez, R., & Mirás-Avalos, J. M. (2016). Spatial and temporal distribution of solar irradiation in Río de la Plata Coast and its relationship with climate variables of interest for viticultural Production. *International Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 3(4), 22-33. [https://www.academia.edu/84992829/Spatial\\_and\\_Temporal\\_Distribution\\_of\\_Solar\\_Irradiation\\_in\\_Ri\\_o\\_de\\_la\\_Plata\\_Coast\\_and\\_Its\\_Relationship\\_with\\_Climate\\_Variables\\_of\\_Interest\\_for\\_Viticultural\\_Production](https://www.academia.edu/84992829/Spatial_and_Temporal_Distribution_of_Solar_Irradiation_in_Ri_o_de_la_Plata_Coast_and_Its_Relationship_with_Climate_Variables_of_Interest_for_Viticultural_Production)
- Echeverría, G., Ferrer, M., González-Neves, G., Cagnoli, R., & Muñoz, L. (2009, 11-13 de noviembre). *Evaluación del comportamiento agronómico y enológico de la variedad Marselan en el sur de Uruguay* [Contribución]. XII Congreso Latinoamericano de Viticultura y Enología, Montevideo.
- Echeverría, G., Ferrer, M., & Mirás-Avalos, J. (2017a). Effects of soil type on vineyard performance and berry composition in the Río de la Plata coast (Uruguay). *OENO One*, 51(3), 251-261. <https://doi.org/10.20870/oenone.2017.51.2.1829>
- Echeverría, G., Ferrer, M., & Mirás-Avalos, J. (2017b). Quantifying the relative impact of physical and human factors on the viticultural expression of terroir. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 3(4), 12-25.
- Elejalde, C. E. (1999). Extracción y caracterización de antocianos y procianidinas de distintas variedades de uva empleadas en la elaboración del txakoli tinto de Bizkaia. *Fórmula*, 5, 67-82.  
<https://www.eusko-ikaskuntza.eus/PDFAnlt/formula/05/05067082.pdf>
- Esteruelas, M., González-Royo, E., Kontoudakis, N., Orte, A., Cantos, A., Canals, J. M., & Zamora, F. (2015). Influence of grape maturity on the foaming properties of base wines and sparkling wines (Cava). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(10), 2071-2080. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6922>
- Favre, G. (2008). *Efecto de distintas técnicas de vinificación sobre la extracción de polifenoles y la composición de los vinos tintos del CV. Tannat* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/27437/1/FavreSilvaGuzm%c3%a1n.pdf>

- Favre, G., Gómez-Alonso, S., Pérez-Navarro, J., García-Romero, E., Mena-Morales, A., Piccardo, D., & González-Neves, G. (2024). Seed and skin-derived flavanols in red wine: A study of Syrah, Marselan, and Tannat cultivars. *European Food Research and Technology*, 250(3), 845-857.
- Ferrer, M., González-Neves, G., Burgueño, J., Gabard, Z., & Camussi, G. (1997). *Influencia de la intensidad de la poda y el raleo de racimos sobre la relación fuente-fosa en Vitisvinifera L. cv Tannat* [Contribución]. XXIII Congreso de la Viña y el Vino, Buenos Aires.
- Ferrer, M., González-Neves, G., Priore, E., Montaña, A., & Carbonneau, A. (2008). Los componentes del rendimiento, la expresión vegetativa y los indicadores fisiológicos de *Vitis vinifera L. cv Merlot* en función de la arquitectura de la planta. *Agrociencia (Uruguay)*, 12(1), 6-19.
- Ferreira, R., Selles, G., Peralta, J., Burgos, L., & Valenzuela, J. (2002). Efectos de la restricción del riego en distintos períodos de desarrollo de la vid cv. Cabernet Sauvignon sobre la producción y calidad del vino. *Agricultura técnica*, 62(3), 406-417. <https://dx.doi.org/10.4067/s0365-28072002000300006>
- Fulcrand, H., Dueñas, M., Salas, E., & Cheynier, V. (2006). Phenolic reactions during winemaking and aging. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 289-297. <https://doi.org/10.5344/ajev.2006.57.3.289>
- Glories, Y. (1999). La maturità fenólica delle uva: Primo parámetro da controllare per una corretta vinificazione in rosso. *Vignevini*, 26(3), 46-50.
- Gómez del Campo, M., Ruiz, C., Baeza, P., & Lissarrague, J. R. (2003). Drought adaptation strategies of four grapevine cultivars (*Vitis Vinifera L.*): Modification of the properties of the leaf area. *OENO One*, 37(3), 131-143. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2003.37.3.950>
- González-Centeno, M. R., Jourdes, M., Femenia, A., Simal, S., Roselló, C., & Teissedre, P. L. (2012). Proanthocyanidin composition and antioxidant potential of the stem winemaking byproducts from 10 different grape varieties (*Vitisvinifera L.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(48), 11850-11858. <https://doi.org/10.1021/jf303047k>

- González-Neves, G. (2005). *Etude de la composition polyphénolique des raisins et des vins des cépages Merlot, Cabernet-Sauvignon et Tannat provenant de vignes conduites en lyre et en espalier dans le sud de l'Uruguay* [Disertación doctoral]. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.  
[https://www.academia.edu/24600061/Etude\\_de\\_la\\_composition\\_polyph%C3%A9nolique\\_des\\_raisins\\_et\\_des\\_vins\\_des\\_c%C3%A9pages\\_Merlot\\_Cabernet\\_Sauvignon\\_et\\_Tannat\\_provenant\\_de\\_vignes\\_conduites\\_en\\_Lyre\\_et\\_en\\_Espalier\\_dans\\_le\\_sud\\_de\\_lUruguay](https://www.academia.edu/24600061/Etude_de_la_composition_polyph%C3%A9nolique_des_raisins_et_des_vins_des_c%C3%A9pages_Merlot_Cabernet_Sauvignon_et_Tannat_provenant_de_vignes_conduites_en_Lyre_et_en_Espalier_dans_le_sud_de_lUruguay)
- González-Neves, G., Charamelo, D., Balado, J., Barreiro, L., Bochicchio, R., Gatto, G., Gil, G., Tessore, A., Carbonneau, A., & Moutounet, M. (2004). Phenolic potential of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes and their correspondence with wine composition. *Analytica Chimica Acta*, 513(1), 191-196.  
<https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.11.042>
- González-Neves, G., Favre, G., Piccardo, D., Echeverría, G., & Ferrer, M. (2015). Efecto de técnicas alternativas de maceración sobre el color y composición de vinos tintos de seis variedades de uva. *Agrociencia (Uruguay)*, 19(1), 57-68.  
<https://doi.org/10.31285/AGRO.19.319>
- González-Neves, G., & Ferrer, M. (2008). Efectos del sistema de conducción y raleo de racimos en la composición de uvas Merlot. *Agrociencia (Uruguay)*, 12(2), 10-18. <https://doi.org/10.31285/AGRO.12.730>
- González-Neves, G., Gil, G., Ferrer, M., Charamelo, D., Balado, J., Bochicchio, R., Gato, G., & Tessore, A. (2010). Prediction of the colour and polyphenolic composition of the young red wines from the phenolic potential of the grapes. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(9), 1843-1851.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02343.x>
- Hardie, W. J., O'Brien, T. P., & Jaudzems, V. G. (1996). Morphology, anatomy and development of the pericarp after anthesis in grape, *Vitis vinifera* L. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2(2), 97-142.  
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1996.tb00101.x>
- Hermosín Gutiérrez, I. (2007, 31 de mayo). *Copigmentación y piranoantocianos: El papel de los flavonoles y los ácidos hidroxicinámicos en el color del vino tinto*.  
[https://www.acenologia.com/ciencia81\\_2/](https://www.acenologia.com/ciencia81_2/)
- Institut Français de la Vigne et du Vin. (2007). *Catalogue des variétés et clones de vigne cultivées en France*.

- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2021). *Estadísticas de viñedos 2021: Datos Nacionales*. <https://www.inavi.com.uy/uploads/vinedo/02b47681b115aafaf1cc5aefcacd581496ffe733.pdf>
- Intrieri, C. (1986). Experiences on the effect of vine spacing and trellis-training system on canopy micro-climate, vine performance and grape quality. *Acta Horticulturae*, 206, 69-88. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1987.206.4>
- Jackson, D. I., & Lombard, P. B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality: A Review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44(4), 409-430. <https://doi.org/10.5344/ajev.1993.44.4.409>
- Jones, G. V., & Davis, R. E. (2000). Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(3), 249-261. <https://doi.org/10.5344/ajev.2000.51.3.249>
- Julius Kühn-Institut. (2025). *Vitis International Variety Catalogue VIVC*. [https://www.vivc.de/index.php?r=literaturverweise%2Fleitprimename&LiteraturverweiseSearch\[literatur\\_nr\]=450](https://www.vivc.de/index.php?r=literaturverweise%2Fleitprimename&LiteraturverweiseSearch[literatur_nr]=450)
- Keller, M. (2010). *Anatomy and Physiology: The science of grapevines*. Academic Press.
- Kennedy, J. (2002). Understanding grape berry development. *Practical winery & vineyard*, 24(4), 1-5. [https://www.researchgate.net/publication/257198648\\_Understanding\\_berry\\_development?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.researchgate.net/publication/257198648_Understanding_berry_development?utm_source=chatgpt.com)
- Kennedy, J. A., Matthews, M. M., & Waterhouse, A. L. (2000). Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening. *Phytochemistry*, 55(1), 77-85. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(00\)00196-5](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(00)00196-5)
- Kennedy, J. A., Troup, G. J., Pilbrow, J. R., Hutton, D. R., Hewitt, D., Hunter, C. R., Ristic, R., Iland, P., & Jones, G. P. (2000). Development of seed polyphenols in berries from *Vitisvinifera* L. cv. Shiraz. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(3), 244-254.
- Koes, R. E., Quattrocchio, F., & Mol, J. N. (1994). The flavonoid biosynthetic pathway in plants: Function and evolution. *BioEssays*, 16(2), 123-132. <https://doi.org/10.1002/bies.950160209>

- Kontoudakis, N., Canals, R., Esteruelas, M., Fort, F., Canals, J. M., & Zamora, F. (2009, 30 de mayo). *Maceración prefermentativa en frío: Aspectos tecnológicos en la elaboración de vinos de crianza*.  
[https://www.acenologia.com/maceracion\\_prefermentativa\\_frio\\_cien0509/](https://www.acenologia.com/maceracion_prefermentativa_frio_cien0509/)
- Kontoudakis, N., Esteruelas, M., Fort, F., Canals, J. M., De Freitas, V., & Zamora, F. (2011). Influence of the heterogeneity of grape phenolic maturity on wine composition and quality. *Food Chemistry*, 124(3), 767-774.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.093>
- Larue, F., Lafon-Lafourcade, S., & Ribéreau-Gayon, P. (1980). Relationship between the sterol content of yeast cells and their fermentation activity in grape must. *Applied and Environmental Microbiology*, 39(4), 806-811.  
<https://doi.org/10.1128/aem.39.4.808-811.1980>
- Lecareux, C., & Bouquet, A. (2005). Le Marselan: Un atout pour la viticulture méridionale. *Le Progrès Agricole et Viticole*, 122(11), 251-254.
- Mabrouk, H., Carbonneau, A., & Sinoquet, H. (1997). Canopy structure and radiation regime in grapevine: I Spatial and angular distribution of leaf area in two canopy systems. *Vitis*, 36(3), 119-124.
- Mañogil Gómez, S. (2016). *Consumo de agua de Vitis vinífera var. Bobal bajo dos sistemas de conducción en espaldera* [Trabajo final de grado, Universidad Miguel Hernández de Elche]. RediUMH.  
<https://dspace.umh.es/handle/11000/3252>
- Mattivi, F., Vrhovsek, U., Masuero, D., & Trainotti, D. (2009). Differences in the amount and structure of extractable skin and seed tannins amongst red grape varieties. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15(1), 27-35.  
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00027.x>
- Matus, M. S., Rodríguez, J. G., & Ocvirk, M. M. (2006). Raleo de racimos en Vitis vinífera 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](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/771/matusAgrarias1-06.pdf)
- McCarthy, M. G. (1999). Weight loss from ripening berries of Shiraz grapevines (*Vitis vinífera* L. cv. Shiraz). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 5(1), 10-16. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1999.tb00145.x>

- Mendes, J. A., Prozil, S. O., Evtuguin, D. V., & Cruz Lopes, L. P. (2013). Towards comprehensive utilization of winemaking residues: Characterization of grape skins from red grape pomaces of variety Touriga Nacional. *Industrial Crops and Products*, 43, 25-32. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.047>
- Moreno, J. J., & Peinado, R. (2010). Polifenoles: Evolución de los taninos y antocianos durante la maduración. En A. Madrid Vicente (Ed.), *Química enológica* (pp. 77-79). Mundi-Prensa.
- Morrison, J. C., & Noble, A. C. (1990). The effects of leaf and cluster shading on the composition of Cabernet Sauvignon grapes and on fruit and wine sensory properties. *American Journal of Enology and Viticulture*, 41(3), 193-200. <https://doi.org/10.5344/ajev.1990.41.3.193>
- Muñoz, L. I., & Cagnoli Suárez, G. (2010). *Estudio ampelográfico, fisiológico, reproductivo y tecnológico en el sur de Uruguay de dos variedades Vitis viníferas Marselan y PetitVerdot* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/27730>
- Obreque-Slier, E., Peña-Neira, A., López-Solís, R., Zamora-Marín, F., Ricardo-da-Silva, J. M., & Laureano, O. (2010). Comparative study of the phenolic composition of seeds and skins from Carménère and Cabernet Sauvignon grape varieties (*Vitis vinifera* L.) during ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(6), 3591-3599. <https://doi.org/10.1021/jf904314u>
- Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. (2025). *Recueil des methods d'analyse des vins et des mouts (Vol.1)*. <https://www.oiv.int/sites/default/files/publication/2025-04/Recueil%20MA%202025%20FR%20Complet.pdf>
- Orio Gil, P. L. A. (2010). *Efectos del deshojado precoz, durante cuatro años, sobre las características de la producción en las variedades Tempranillo, Mazuelo y Graciano (Vitis vinifera L.)* [Disertación doctoral]. Universidad de la Rioja.
- Ortega-Regules, A., Romero-Cascales, I., Ros García, J. M. R., Bautista-Ortín, A. B., López-Roca, J. M., Fernández-Fernández, J. I., & Gómez-Plaza, E. (2008). Anthocyanins and tannins in four grape varieties (*Vitis vinifera* L.): Evolution of their content and extractability. *Journal International des sciences de la vigne et du vin*, 42(3), 147-156. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2008.42.3.818>

- Ough, C. S., & Amerine, M. A. (1988). *Methods for analysis of musts and wines: Phenolic Compounds* (2<sup>nd</sup> ed.). Wiley-Interscience.
- Peña, A. (2006). El color de los vinos. *Vendimia*, (ene-feb), 24-26.  
<http://www.gie.uchile.cl/pdf/Alvaro%20Pe%F1a/Color%20del%20vino.pdf>
- Peña-Neira, A. (2011). *Cambios composicionales de la baya durante el proceso de maduración y su importancia en la calidad de la uva y el vino*.  
<http://www.gie.uchile.cl/pdf/alvaro%20pe%f1a/fisiologia%20de%20la%20baya%20durante%20la%20maduraci%fc3n.pdf>
- Percival, D. C., Fisher, K. H., & Sullivan, J. A. (1994). Use of fruit zone leaf removal with *Vitis vinifera* L. cv. Riesling Grapevines: II: Effect on fruit composition, yield, and occurrence of bunch rot (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.). *American Journal of Enology and Viticulture*, 45(2), 133-140.  
<https://doi.org/10.5344/ajev.1994.45.2.133>
- Pierini, P. J., & Ganganelli, I. M. (2017). *Evaluación de diferentes formas de conducción del viñedo en la zona costera del Río de la Plata* [Trabajo final de grado]. Universidad Nacional de La Plata.
- Piergiovanni, L., & Volonterio, G. (1983). Studio della frazione antocianica delle uva: 2: Variazione di composizione durante la maturazione. *Tecnologie Alimentari*, 6(11), 22-28.
- Poni, S., Bernizzoni, F., & Civardi, S. (2005). The issue of canopy efficiency in the rapevine: Assessment and approaches for its improvement. *Acta Horticulturae*, (745), 163-174.
- Poni, S., Bernizzoni, F., Civardi, S., & Libelli, N. (2009). Effects of pre-bloom leaf removal on growth of berry tissues and must composition in two red *Vitis vinifera* L. cultivars. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15(2), 185-193. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00044.x>
- Poni, S., Casalini, L., Bernizzoni, F., Civardi, S., & Intriari, C. (2006). Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape composition. *American Journal of enology and Viticulture*, 57(4), 397-407.  
<https://doi.org/10.5344/ajev.2006.57.4.397>
- Poni, S., Marchiol, L., Intriari, C., & Zerbi, G. (1993). Gas-exchange response of grapevine leaves under fluctuating light. *Vitis*, 32(3), 137-143.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/235692598.pdf>

- Poni, S., Palliotti, A., & Bernizzoni, F. (2006). Calibration and evaluation of a STELLA software-based daily CO<sub>2</sub> balance model in *Vitis vinifera* L. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 131(2), 273-283.
- Possner, D. R. E., & Kliewer, W. M. (1985). The localisation of acids, sugars, potassium and calcium in developing grape berries. *Vitis*, 24(4), 229-240.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/235693059.pdf>
- Prado, F. M. O. D. C. (2017). *Potencial enológico de uvas de Marselan de Encruzilhada do Sul-RScom diferentes podas e marcerações* [Trabajo final de grado, Universidad Federal do Pampa]. Repositorio de la Universidad Federal do Pampa. <https://repositorio.unipampa.edu.br/bitstream/riu/2817/1/FELIPE%20MAGELA%20LIVEIRA%20DA%20CRUZ%20PRADO.pdf>
- Reynier, A. (2005). *Manual de viticultura: Tecnología, economía y prácticas de la vid* (6ª ed.). Mundi-Prensa.
- Reynolds, A., Pool, R. M., & Mattick, L. R. (1986). Influence of cluster exposure on fruit composition and wine quality of Seyval blanc grapes. *Vitis*, 25, 85-95.  
<https://doi.org/10.5073/vitis.1986.25.85-95>
- Reynolds, A. G., & Naylor, A. P. (1994). 'Pinot Noir' and 'Riesling' grapevines respond to water stress duration and soil water-holding capacity. *Hortscience*, 29(12), 1505-1510.
- Reynolds, A. G., & Van den Heuvel, J. E. (2009). Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(3), 251-268.  
<https://doi.org/10.5344/ajev.2009.60.3.251>
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (2006). Handbook of Enology: *The microbiology of wine and vinifications* (Vol. 1, 2<sup>nd</sup> ed.). John Wiley & Sons.
- Ribéreau-Gayon, P., & Stonestreet, E. (1965). Le dosage des anthocyanes dans le vin rouge. *Bulletin de la Société Chimique de France*, 9, 2649-2652.
- Robbins, R. J. (2003). Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(10), 2866-2887.  
<https://doi.org/10.1021/jf026182t>

- Robinson, S. P., & Davies, C. (2000). Molecular biology of grape berry ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), 175-188. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00177.x>
- Rodríguez-Gaeta, J., Ruiz-Anchondo, T., Ojeda-Barrios, D., & Parra-Quezada, R. (2014). Productivity and quality of berries of *Vitis vinifera* in divided canopy training systems: A review. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 30(3), 213-220. [https://www.researchgate.net/publication/278410238\\_Productivity\\_and\\_quality\\_of\\_berries\\_of\\_Vitis\\_vinifera\\_in\\_divided\\_canopy\\_training\\_systems\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/278410238_Productivity_and_quality_of_berries_of_Vitis_vinifera_in_divided_canopy_training_systems_A_review)
- Romeyer, F. M., Macheix, J. J., Goiffon, J., Reminiac, C., & Sapis, J. (1983). Browning capacity of grapes: 3: Changes and importance of hydroxycinnamic acid-tartaric acid esters during development and maturation of the fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31(2), 346-349. <https://doi.org/10.1021/jf00116a040>
- Sarneckis, C. J., Damberg, R. G., Jones, P., Mercurio, M., Herderich, M. J., & Smith, P. A. (2006). Quantification of condensed tannins by precipitation with methyl cellulose: Development and validation of an optimised tool for grape and wine analysis. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12(1), 39-49. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2006.tb00042.x>
- Shellie, K. C. (2006). Vine and berry response of Merlot (*Vitis vinifera* L.) to differential water stress. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(4), 514-518. <https://doi.org/10.5344/ajev.2006.57.4.514>
- Smart, R. E. (1984). Canopy microclimates and effects on wine quality. En T. H. Lee & T. C. Somers (Eds.), *Advances in viticulture and oenology for economic gain* (pp. 113-132). The Australian Wine Research Institute.
- Smart, R. E. (1985). Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 36(3), 230-239. <https://doi.org/10.5344/ajev.1985.36.3.230>
- Smart, R. E. (1987). Influence of light on composition and quality of grapes. *Acta Horticulturae*, (206), 37-48. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1987.206.2>
- Smart, R. E., & Sinclair, T. R. (1976). Solar heating of grape berries and other spherical fruits. *Agricultural Meteorology*, 17(4), 241-259. [https://doi.org/10.1016/0002-1571\(76\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0002-1571(76)90029-7)

- Smith, S., Codrington, I. C., Robertson, M., & Smart, R. E. (1988). Viticultural and oenological implications of leaf removal for New Zealand vineyards. En R. E. Smart (Eds.), *Second International Symposium for Cool Climate Viticulture and Oenology* (pp. 127-133). New Zealand Society for Viticulture and Oenology.
- Song, J., Smart, R., Wang, H., Damberg, B., Sparrow, A., & Qian, M. (2015). Effect of grape bunch sunlight exposure and UV radiation on phenolics and volatile composition of *Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir wine. *Food Chemistry*, 173, 424-431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.150>
- Souquet, J. M., Labarbe, B., Le Guernevé, C., Cheynier, V., & Moutounet, M. (2000). Phenolic composition of grape stems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(4), 1076-1080. <https://doi.org/10.1021/jf991171u>
- Spayd, S. W., Tarara, J. M., Mee, D. L., & Ferguson, J. C. (2002). Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot Berries. *American Journal Enology and Viticulture*, 53(3) 171-182. <https://doi.org/10.5344/ajev.2002.53.3.171>
- Staff, S. L., Percival, D. C., Sullivan, J. A. & Fisher, K. H. (1997). Fruit zone leaf removal influences vegetative, yield, disease, fruit composition, and wine sensory attributes *Vitis vinifera* L. 'Optima' and 'Cabernet Franc'. *Canadian Journal of Plant Science*, 77(1), 149-152. <https://doi.org/10.4141/P95-184>
- Stafford, H. A. (1991). Flavonoid evolution: An enzymic approach. *Plant Physiology*, 96(3), 680-685. <https://doi.org/10.1104/pp.96.3.680>
- Sweetman, C., Deluc, G. R., Cramer, G. R., Ford, C. M., & Soole, K. L. (2009). Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. *Phytochemistry*, 70(11-12), 1329-1344. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.08.006>
- Tarara, J., & Spayd, S. (2005, 1 de abril). *Tackling sunburn in red wine grapes*. Good Fruit Grower. <https://www.goodfruit.com/26170/>
- Tarascou, I., Souquet, J. M., Mazauric, J. P., Carrillo, S., Coq, S., Canon, F., Fulcrand, H., & Cheynier, V. (2010). The hidden face of food phenolic composition. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 501(1), 16-22. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2010.03.018>

- Tardáguila, J., Blanco, J. A., Vilanova de la Torre, M., & Martínez de Toda, F. (2008). *Influencia de la época del deshojado en el comportamiento vitícola y características sensoriales de la baya y de los vinos de la variedad Garnacha*. [https://digital.csic.es/bitstream/10261/44940/5/Tardaguila\\_Influencia\\_epoca...pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/44940/5/Tardaguila_Influencia_epoca...pdf)
- Tardáguila, J., Diago, M. P., Martínez de Toda, F., Poni, S. & Vilanova, M. (2008). Effects of timing of leaf removal on yield, berry maturity, wine composition and sensory properties of cv. Grenache grown under non irrigated conditions. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 42(4), 221-229. <https://hdl.handle.net/10261/48865>
- Terra, M. I. (1998). *Uruguay en el MERCOSUR: Perspectivas del comercio intrarregional*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/f8f0b04f-9871-40cb-88a5-251098e20fec/content>
- Travanic-Fuentes, Z. P. (2020). *Variabilidad de bayas en uvas para vinificación: ¿Un indicador del potencial cualitativo del viñedo?* [Tesis de maestría, Universidad de Talca]. Repositorio Académico de la Universidad de Talca. <http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/12635/3/2020A000152.pdf>
- Van Leeuwen, C., Roby, J. P., & de Ressaúquier, L. (2018). Soil-related terroir factors: A review. *OENO one*, 52(2), 173-188. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.2.2208>
- Vasconcelos, M. C., Brasker, E., & Reynolds, A. (2007). Effects of crop level on yield components, fruit composition, wood carbohydrate reserves, and wine quality of Pinot Noir. En Groupe d'Experts en Systèmes vitivinicoles pour la Coopération (Ed.), *XV International Symposium: Gesci 2007* (Vol. 2, pp. 830-840). OIV; Institute of Agriculture and Tourism; Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management.
- Zamora, F. (2003). *Elaboración y crianza del vino tinto: Aspectos científicos y prácticos*. Mundi-Prensa.
- Zhang, H., Fan, P., Liu, C., Wu, B., Li, S., & Liang, Z. (2014). Sunlight exclusion from Muscat grape alters volatile profiles during berry development. *Food Chemistry*, 164, 242-250. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.012>