



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Variabilidad de bayas en uvas para vinificación:
¿Un indicador del potencial cualitativo del viñedo?**

**Tesis de grado
Magíster en Hortofruticultura**

Zlavek Petar Travanic Fuentes

Talca, 2020

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2021

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo dar gracias a Dios por hacer que las cosas ocurran, por darle las fuerzas a mis padres Pedro y Silvia los cuales son la causa de mis logros. Gracias a mi hermana Carolina, por estar en cada etapa y cada momento de este largo proceso y a mi pequeña sobrina Antonia, que me alegro los días mientras realizaba este trabajo. A mi amiga y compañera con la que he recorrido gran parte de mi vida, por su apoyo, comprensión y cariño, gracias, Abi. Gracias familia.

Gracias a todos los que en más de alguna ocasión me dieron más que una palabra de aliento y me ayudaron a seguir con este proceso. Cada uno sabe lo importante que fue, además muchos no solo se involucraron en lo universitario, se hicieron parte de mi familia lo que valoro inmensamente. Gracias, amigos y amigas, compañeros universitarios, los cuales me soportaron durante largos 7 años, mis más sinceros agradecimientos por cada momento vivido.

En especial, a mi profesor Yerko Moreno Simunovic al cual le doy las gracias por la enseñanza académica, profesional y personal. A mis profesores Aníbal Concha Meyer y Maribel Rojas Arroyo por su excelente disposición y ayuda cada vez que la necesite. Gracias por las competencias otorgadas por los profesionales de la Facultad de Agronomía y al Magíster en Hortofruticultura de cada uno me llevo el mejor de los recuerdos, especialmente de Karla por la excelente gestión y disposición. A todo el equipo del Centro Tecnológico de la Vid y el Vino gracias por el tiempo concedido para poder realizar este trabajo.

APROBACIÓN:

Profesor guía: Ing. Agr., M. Sc., Ph.D. Yerko Marcelo Moreno Simunovic
Profesor Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca

Profesor co-guía: Ing. en Alimentos, Ph.D. Aníbal Concha Meyer
Profesor Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca

Profesor informante: Ing. Agr., M. Sc., Maribel Rojas Arrollo
Profesor Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca

RESUMEN

Actualmente la evaluación de la calidad potencial de la uva de un viñedo para vinificación se establece en base a apreciaciones subjetivas, además de parámetros químicos de composición de la fruta, sin embargo, un factor no muy estudiado y que estaría afectando la calidad de la fruta es la variabilidad de madurez que existe en el viñedo. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es determinar si existe relación en la variabilidad de madurez de la concentración de azúcar y peso de bayas, los atributos de la fruta y las propiedades del vino entre viñedos de distinta calidad previamente establecida del cv Cabernet Sauvignon. Para lo anterior, el estudio se realizó durante dos temporadas, en seis viñedos ubicados dentro de tres valles vitivinícolas de Chile.

Los resultados de este estudio demuestran la asincronía de madurez en viñedos del cv Cabernet Sauvignon al encontrar varias clases de madurez según °brix y peso de bayas en distintas fechas de muestreo. Sin embargo, viñedos de mayor calidad y precio de uva fueron más uniformes según °brix durante el desarrollo de las bayas alcanzado en cosecha un coeficiente de variación (CV) de 5,0%. En el peso de bayas no se encontró una relación con los niveles de calidad, sin embargo, se encontraron valores de CV entre 19 y 30% entre bayas. En ambas temporadas existieron diferencias entre los atributos de las bayas y las propiedades del vino entre los niveles de calidad, lo cual ayuda a entender porque clasificar viñedos previamente a la cosecha. Los resultados demostraron que estudiar la variabilidad de madurez de °brix y peso de bayas permitirá tomar medidas de sectorización dentro de un viñedo para disminuir los extremos de madurez donde encontramos bayas con caracteres más herbáceos y sobre maduras que estarían afectando la condición final del vino.

Palabras claves: Variabilidad de madurez, composición de bayas y vinos, calidad de viñedos, Cabernet Sauvignon

ABSTRACT

Currently the evaluation of the potential quality of the grape of a vineyard for winemaking is established based on subjective assessments, in addition to chemical composition parameters of the fruit, however, a factor yet not very studied and that would be affecting the quality of the fruit is the variability of maturity that exists in the vineyard. Therefore, the objective of this study is to determine if there is a relationship between the variability of maturity of the concentration of sugar and weight of berries, in addition to the attributes of the fruit and the properties of the wine among vineyards of different quality previously established of the cv Cabernet Sauvignon. For the above, the study was conducted for two seasons, in six vineyards located within three wine valleys of Chile.

The results of this study demonstrate the asynchrony of maturity in vineyards of cv Cabernet Sauvignon by finding various classes of maturity according to °brix and berry weight on different sampling dates. However, vineyards of higher quality and grape price were more uniform according to ° brix during the development of the berries, reaching a coefficient of variation (CV) of 5.0% at harvest. In relation to berry weight, no relationship was found with quality levels, however, CV values between 19 and 30% were found between berries. In both seasons, there were differences between the attributes of the berries and the properties of the wine between the quality levels, which helps to understand why to classify vineyards prior to harvest. The results showed that studying the variability of maturity of soluble solids and berry weight will allow taking sectorization measures within a vineyard to reduce the extremes of maturity where we find berries with more herbaceous and overripe characters that would be affecting the final condition of the wine.

Keywords: Maturity variability, berry and wine composition, vineyard quality, Cabernet Sauvignon

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis.....	3
1.2 Objetivo general	3
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	4
2.1 Biología del desarrollo de bayas	4
2.3 Factores ambientales que afectan la calidad de las uvas	5
2.4 Composición de bayas y factores relacionados a la calidad del vino.....	5
2.4.1 Azúcares	6
2.4.2 Ácidos orgánicos.....	6
2.4.3 Fenoles.....	6
2.4.4 Composición mineral.....	7
2.5 Desarrollo asincrónico de bayas y racimos	7
2.6 Causas de la variabilidad de madurez.....	8
2.7 Manejos agronómicos y variabilidad de madurez.....	9
2.8 Variabilidad de madurez y el efecto en la composición de bayas y vinos	10
2.9 Medición de la variabilidad.....	11
III. MATERIALES Y METODOS.....	12
3.1 Ubicación del ensayo	12
3.2 Caracterización de los valles	12
3.2.1 Valle de Maipo.....	12
3.2.2 Valle de Colchagua	13
3.2.3 Valle de Curicó.....	13
3.3 Material vegetal.....	13
3.5 Caracterización de la variabilidad de °brix y peso de bayas durante el desarrollo de las bayas en viñedos del cv Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial	14
3.6 Determinación de la distribución de sólidos solubles y peso de bayas en viñedos del cv Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial en la fecha cosecha comercial	15
3.7 Comparación de los atributos de las uvas en viñedos del cv Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial previamente establecida.....	15
3.8 Vinificación	16
3.9 Análisis de parámetros enológicos entre viñedos del cv. Cabernet Sauvignon de distinto potencial cualitativo.....	16
3.10 Análisis estadístico.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1 Evaluación de la madurez asincronía en el cv. Cabernet Sauvignon.	17

4.2	Evaluación de la variabilidad de °brix y peso de bayas durante el periodo de madurez en viñedos del cv Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial previamente establecida.....	18
4.3	Análisis de la distribución de °brix y peso de bayas en la fecha de cosecha comercial durante dos temporadas entre viñedos del cv Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial previamente establecida	20
4.4	Análisis de los atributos de bayas y mostos en viñedos de distinta calidad potencial previamente establecida del cv Cabernet Sauvignon.....	23
4.5	Clasificación de viñedos del cv Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial según los atributos de las bayas.....	24
4.6	Análisis de la composición del vino producido por viñedos de distinta calidad potencial previamente establecida del cv Cabernet Sauvignon.....	27
V.	CONCLUSION	30
VI.	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	31

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Ubicación de los viñedos del cv. Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial previamente establecida por el viñedo comercial.	12
Cuadro 2. Manejos agronómicos realizados en los distintos cuarteles del cv. Cabernet Sauvignon durante la temporada 2019-2020.	14
Cuadro 3. Variabilidad del peso entre bayas (g), expresada como el coeficiente de variación (CV%) durante cuatro fechas de muestreo desde los 14 días después de pinta (DDP) hasta la cosecha comercial durante la temporada 2020 en viñedos del cv. Cabernet Sauvignon distinta calidad potencial previamente establecida.	19
Cuadro 4. Variabilidad de la concentración de azúcar (°brix) entre bayas, expresada como el coeficiente de variación (CV) durante cuatro fechas de muestreo desde los 14 días después de pinta (DDP) hasta la cosecha comercial durante la temporada 2020 en viñedos del cv. Cabernet Sauvignon distinta calidad potencial previamente establecida.	20
Cuadro 5. Efecto de la clasificación de calidad en los viñedos del cv. Cabernet Sauvignon sobre el promedio de °brix, peso promedio de 100 bayas, pH, acidez total, ácido málico, concentración de antocianinas a pH 3,2 y pH 1,0 fenoles en la piel e Índice de polifenoles totales durante la temporada 2019 y 2020.	25
Cuadro 6. Efecto de la clasificación de calidad en la composición de vinos provenientes del cv. Cabernet Sauvignon sobre el promedio de grado alcohólico a 20°C, acidez total, pH, antocianinas totales e índice de colorante durante la temporada 2019 y 2020.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la madurez de un mismo racimo del cv. Cabernet Sauvignon desde los 47 días después de cuaja (DDC) hasta los 79 DDC durante la temporada 2020 en el Valle de Curicó sector Itahue.	17
Figura 2. Evolución del peso de bayas (g) en viñedos del cv. Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial durante cuatro fechas de muestreo desde los 14 días después de pinta (DDP) hasta la cosecha comercial durante la temporada 2020.	18
Figura 3. Evolución de la concentración de azúcar (°brix) en viñedos del cv. Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial durante cuatro fechas de muestreo desde los 14 días después de pinta (DDP) hasta la cosecha comercial durante la temporada 2020.	19
Figura 4. Influencia de la clasificación de calidad en los viñedos del cv. Cabernet Sauvignon sobre la distribución del peso de bayas (g) en la fecha de cosecha comercial durante las temporadas 2019 y 2020.	21
Figura 5. Influencia de la clasificación de calidad en los viñedos del cv. Cabernet Sauvignon sobre la distribución de la concentración de azúcar (°brix) en la fecha de cosecha comercial durante las temporadas 2019 y 2020.	23
Figura 6. Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado con las variables analizadas durante las temporadas 2019 y 2020. Variables utilizadas: °brix, pH, Acidez titulable (AT) y Ácido málico (AM), Promedio del peso de 100 bayas, Índice de polifenoles totales (IPT), Fenoles en la piel (FP), Antocianinas totales a pH 3,2 (An pH 3,2), Antocianinas totales a pH 1 (An pH 1) correspondientes a los viñedos del cv. Cabernet de distinta calidad potencial (dos viñedos por calidad).	26

I. INTRODUCCIÓN

En la mayor parte de las zonas productoras vitivinícolas del mundo es aceptado que existe una relación entre el precio de venta y los atributos de la uva con la calidad potencial del vino (Tardaguila y Toda, 2008). Por lo anterior, se ha determinado que para producir vinos de alta calidad es de particular importancia la ocurrencia de un grado ideal de madurez en las uvas (Guerrini et al., 2018). Sin embargo, e independiente de la definición de calidad que se utilice, existe una búsqueda permanente de técnicas que puedan mejorar las propiedades del vino, en especial para el caso del cv. Cabernet Sauvignon que despierta un gran interés como una de las cepas más relevantes de Chile.

Se ha definido que la composición química de las uvas al momento de la cosecha es clave en la producción de vinos de alta calidad y está definida por el grado de madurez que alcanzan las uvas al momento de la cosecha. Sin embargo, la variabilidad de madurez de racimos y bayas se ha descrito como un parámetro negativo en la calidad del viñedo, la composición de la fruta y la calidad del vino y, siendo un fenómeno generalizado, es aceptado y su evaluación es omitida incluso por investigadores vitivinícolas (Gray, 2002). En gran parte este factor es indocumentado y existen pocos estudios que corroboran esta suposición (Gray, 2006; Zoecklein et al., 2010; Calderón-Orellana et al., 2014). Además, se ha mencionado como un descuidado, pero esencial y determinante factor en la calidad de la fruta en el viñedo (Pagay y Cheng, 2010; Calderón-Orellana et al., 2014; Xie et al., 2018).

La variabilidad de madurez (entendida como composición de la fruta) se debe al desarrollo asincrónico de las bayas, las cuales maduran en diferente tiempo y velocidad, provocando que al momento de la cosecha existan bayas con una composición química variable, lo anterior a pesar de que en la etapa final del proceso de maduración esta se logre igualar parcialmente (Gouthu et al., 2014). El proceso de maduración de las bayas al interior del racimo ocurre a diferentes ritmos siendo afectado por múltiples factores como la ubicación del viñedo, la posición del racimo en la planta y la ubicación de las bayas en el racimo (Kontoudakis et al., 2011). Junto a lo anterior, esta asincronía se atribuye a factores como el sistema de conducción, carga frutal, poda y disponibilidad de fotoasimilados (Selvarajz et al., 1995). Asimismo, en cualquier momento del desarrollo de la fruta se encontrarán poblaciones de uvas con distintos niveles de variabilidad de madurez (De Cortazar-Atauri et al., 2009), la cual es mayor al comienzo del desarrollo de las bayas y disminuye a medida que se acerca la cosecha (Pagay y Cheng, 2010).

Debido a esto, algunos autores han propuesto una cosecha selectiva para disminuir la variabilidad y aumentar la calidad del vino (Keller, 2010). Sin embargo, la determinación de un nivel de variabilidad "aceptable" para la calidad óptima del vino, aún no ha sido propuesta. Cuantificar la variabilidad permitiría al viticultor y al enólogo tomar medidas sobre la decisión de la fecha de cosecha, la clasificación de sus viñedos o parcelas dentro de este y así mejorar la calidad del vino. Finalmente, existe una falta de evidencia que confirme una relación entre la variabilidad de madurez, la calidad de la fruta y los parámetros utilizados para caracterizar la calidad del viñedo.

De acuerdo a lo anterior, a continuación, se plantea la hipótesis y objetivos del presente estudio:

1.1 Hipótesis

- La variabilidad de la concentración de azúcar y del peso de bayas alteran la composición química del mosto y varían según la calidad potencial del viñedo en vides cv. Cabernet Sauvignon.

1.2 Objetivo general

- Determinar si existe relación entre la variabilidad de la concentración de azúcar y peso de bayas con el potencial cualitativo, la composición de la fruta y del vino en viñedos del cv. Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial.

1.3 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento de la variabilidad de los sólidos solubles y peso de bayas durante el proceso de maduración de la fruta en viñedos del cv. Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial previamente establecida.
- Determinar la distribución de sólidos solubles y peso de bayas al momento de la cosecha comercial en viñedos del cv. Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial previamente establecida.
- Establecer si existen diferencias en la composición de bayas y vinos entre viñedos del cv. Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial previamente establecida.

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 Biología del desarrollo de bayas

Las bayas presentan un patrón de crecimiento doble sigmoideo con dos fases de crecimiento bien marcadas, separadas por una fase estacionaria (Coombe, 1992). La primera etapa es un período de crecimiento rápido, que comienza con la división celular en el tejido del pericarpio, lo que en gran medida determina el tamaño y la forma de la baya, continúa con la elongación celular a medida que avanza el crecimiento de la baya. En esta etapa la baya acumula ácidos orgánicos, principalmente tartárico y málico y algunos cationes como potasio (Noronha, 2017). La fase estacionaria se caracteriza por una disminución de la tasa de crecimiento, la maduración de la semilla y el punto de mayor concentración de ácidos orgánicos, terminando con el inicio de la pinta o envero. La tercera y última fase corresponde a la de maduración, en la cual las bayas comienzan a ablandarse, acumulan azúcar, cambian de color y tienen un aumento paulatino en el tamaño (Coombe y McCarthy, 2000). Esta fase de desarrollo es de suma importancia debido a la síntesis y acumulación de compuestos aromáticos los cuales definen las características organolépticas de las bayas (Noronha, 2017).

2.2 Calidad potencial de las bayas

La calidad potencial de las bayas está determinada primero que todo por factores como la madurez, pureza y condición, segundo por el aroma/sabor y las características fenólicas y tercero por los métodos de cosecha, transporte y del proceso de producción (Zoecklein et al., 2010). Por otro lado, al enfocarse en los atributos de las bayas, la calidad estaría definida por los parámetros deseables del aroma, sabor, color y taninos o como una armonía entre azúcares, ácidos, aromas y compuestos fenólicos (Holt et al., 2008). Además, la calidad también depende de la variedad y el entorno en donde crecen las uvas, de hecho, en ocasiones la clasificación comercial de la calidad es según la zona donde se ubica el viñedo (Rankine et al., 1971). Asimismo, se ha utilizado el precio de la uva como indicador de calidad, sin embargo, este va de la mano con la trascendencia del viñedo comercial y/o los valores establecidos por el mercado, no habiendo en muchos casos una relación estrecha entre el precio de la uva y las cualidades del viñedo (Jackson, 2016). Un factor que podría ser determinante en la producción de vinos de calidad y ser usado como un potencial indicador del potencial cualitativo del viñedo es la variabilidad de madurez de las bayas. Es más, en teoría se cree que la composición uniforme de la fruta es deseable para la vinificación (Keller, 2010) y ha sido mencionada como esencial en la calidad del viñedo (Pagay y Cheng, 2010).

2.3 Factores ambientales que afectan la calidad de las uvas

Los factores ambientales más estudiados sobre la madurez y calidad de las uvas son: luz, temperatura, estado hídrico y presencia de patógenos en las plantas (Kuhn et al., 2013). Con respecto a la luz se ha determinado que la uva menos expuesta versus la expuesta no presenta mayores cambios sobre el desarrollo y madurez en relación con la acumulación de taninos y antocianinas; pero si disminuye la síntesis de flavonoles (Downey et al., 2008). Se ha demostrado que los efectos de la radiación solar de UV-B aumentan los fenoles de la piel y producen cambios en los perfiles de compuestos fenólicos del tipo antocianinas y no antocianinas (Berli et al., 2011).

En relación con las temperaturas, se ha estudiado que el aumento de la temperatura ambiente en la periferia de las bayas no tiene efecto sobre las concentraciones totales de flavonoles, pero sí tiene efecto en el aumento de las concentraciones de antocianinas monoméricas en la piel (Spayd et al., 2002). Por otro lado, las variaciones de la temperatura diurna adelantan la maduración, además de producir bayas más grandes y coloreadas en el cv. Merlot (Cohen et al., 2008).

El déficit hídrico controlado, también tiene efectos en la calidad de la uva, ya que aumenta las concentraciones de ácido abscísico (ABA), prolina, azúcar y antocianinas en uvas del cv. Cabernet Sauvignon (Deluc et al., 2009). También se ha encontrado que la aplicación temprana y tardía de un déficit hídrico en la temporada, aumenta la concentración de antocianinas, mientras que el déficit hídrico antes de pinta acelera la acumulación de azúcares y aumenta la síntesis de antocianinas (Castellarin et al., 2007). Por último, los patógenos causan importantes pérdidas económicas que afectan la calidad de la fruta. Un ejemplo es la infección por virus en vides, los cuales interrumpen el desarrollo normal de madurez de las uvas, disminuyendo la acumulación de azúcar y antocianinas (Vega et al., 2011).

2.4 Composición de bayas y factores relacionados a la calidad del vino

La composición química de las uvas es compleja, siendo el agua el componente principal, seguido de los azúcares y ácidos orgánicos. Debido a esto, sólidos solubles (SS), pH, acidez titulable (AT) y la composición fenólica son los principales parámetros utilizados para determinar la calidad y madurez de la uva (Baluja et al., 2012). Actualmente los SS siguen siendo el parámetro más utilizado para evaluar la madurez y, ocasionalmente, definen el precio de la uva (Poni et al., 2018).

2.4.1 Azúcares

La sacarosa es el principal azúcar transportado vía floema en la vid, luego las invertasas catalizan la hidrólisis de la sacarosa convirtiéndola en glucosa y fructosa (Fillion et al., 1999). Al comienzo del desarrollo de las uvas la concentración de azúcar es baja, pero al llegar a cosecha puede ser el 25% del peso fresco de la baya (Robinson y Davies, 2000). Cualquier aumento en la concentración de azúcar ocurrido una vez terminado el transporte vía floema, se debe a la pérdida de agua de las bayas (Conde et al., 2007). Además, el interés de medir el contenido de azúcar se basa en que tiene un directo impacto con el alcohol potencial del vino (Chervin et al., 2012).

2.4.2 Ácidos orgánicos

Los ácidos se sintetizan y acumulan en la primera etapa del desarrollo de la baya y disminuyen sus concentraciones a medida que se desarrolla la madurez (Lland y Coombe, 1988), luego hay una disminución de la acumulación del ácido málico y un menor cambio en el contenido de ácido tartárico (Bashir y Kaur, 2018). Los ácidos tartárico y málico corresponden a más del 90% del total de los ácidos de las uvas (Conde et al., 2007). La concentración de los ácidos en las bayas está bajo el efecto del ambiente y prácticas agronómicas (Jackson y Lombard, 1993). En general vides establecidas en climas fríos tienen una mayor concentración de ácido málico, por el contrario, en plantas que crecen bajo condiciones de clima cálido la concentración de ácido málico es menor (Koundouras et al., 2006). La acidez de uvas y vinos depende de la concentración de ácidos en su forma orgánica libre y como sales de potasio, que además es un rasgo importante en la calidad y longevidad del vino, ya que afecta el mosto y el pH final de vino (Ribereau-Gayon et al., 2006).

2.4.3 Fenoles

Los compuestos fenólicos están constituidos por un anillo de fenilo con posibilidades de sustitución (Conde et al., 2007), se extraen de pieles y semillas de las uvas y una porción del raquis durante el prensado y fermentado. Los compuestos fenólicos de las uvas se dividen en flavonoides y no flavonoides. Los flavonoides se encuentran en mayor porción e incluyen taninos y antocianinas. Los no flavonoides son los fenoles sencillos y estilbenos, que se encuentran esterificados a los flavonoides (Kennedy, 2008). Los compuestos más abundantes e importantes en las uvas y vinos tintos son las antocianinas, taninos y catequinas (Mattivi et al., 2002). Los taninos contribuyen a la sensación en boca de vinos entre amargura y astringencia (Kennedy,

2008), mientras que las antocianinas proporcionan los pigmentos necesarios para dar el color al vino (Falchi et al., 2006).

2.4.4 Composición mineral

El contenido de nutrientes en las uvas es de interés para viticultores y enólogos, ya que la calidad de uvas y las propiedades organolépticas del vino están influenciadas por la composición mineral del suelo (Bashir y Kaur, 2018). El potasio está involucrado en el transporte de azúcar y niveles altos de potasio pueden aumentar el pH y reducir la acidez en bayas y mostos (Gawel et al., 2000). El nitrógeno es otro mineral que afecta la calidad de las uvas, debido a que altas dosis de fertilizaciones nitrogenadas provocan retraso en la maduración, disminución en los SS, aumento de la acidez titulable (Delgado et al., 2004) y reducción en la concentración de antocianinas en el vino (Pérez-Álvarez et al., 2013). Por otro lado, en condiciones de moderados niveles de nitrógeno, la aplicación foliar de productos nitrogenados con aminoácidos en su composición incrementa el contenido de aminoácidos y glutatión en los mostos del cv. Cabernet Sauvignon

2.4.5 Tamaño de bayas

De acuerdo con diversos autores, la variación en el tamaño de las bayas afecta el rendimiento del viñedo y la calidad del vino (Zoecklein et al., 2010, Melo et al., 2015). En relación con el tamaño y la composición de las bayas este puede verse influenciado por el genotipo, los factores ambientales y las prácticas de manejo que a su vez tienen un impacto en el crecimiento y el microclima de la vid (Dai et al., 2011; Barbagallo et al., 2011). Según los resultados de Melo et al., (2015), las bayas de mayor tamaño presentan menor contenido de sólidos solubles mientras que las más pequeñas tienen una mayor capacidad de extracción de antocianinas y compuestos fenólicos que las bayas medianas y grandes. La variación en el tamaño de las bayas además está relacionada a cambios en la composición de estas, lo que complica aún más el control sobre la maduración (Barbagallo et al., 2011). Por lo tanto, el tamaño final de las bayas y su composición a la cosecha sería el resultado del efecto integrado de varios factores bióticos y abióticos que eventualmente también se expresarían en el vino (Xie et al., 2018).

2.5 Desarrollo asincrónico de bayas y racimos

Pocos estudios han aportado información acerca del porqué las bayas comienzan a madurar de forma desfasada. Una variabilidad de madurez es un factor biológico que existe en todos los

niveles del viñedo: entre vides, racimos de la misma planta y bayas del mismo racimo (Pagay y Cheng, 2010). El desarrollo de las bayas no se produce de forma simultánea, de esta manera los compuestos que forman una baya evolucionan de forma diferida y están bajo la influencia de factores varietales, climáticos, geográficos, agronómicos y genéticos (Jones y Davis, 2000). Se han medido diferencias en tiempos de madurez hasta de 23 días entre dos racimos de la misma planta (May, 2000), en los cuales existe una asincronía entre bayas de un mismo racimo (Šuklje et al., 2012). Otros estudios indican que las uvas de un racimo para ablandarse y cambiar de color se demoran entre 1 a 2 días y un racimo completo para iniciar el proceso de madurez entre 7 a 10 días (Lund et al., 2008). También se ha estimado que deben transcurrir 60 días desde pinta para que las bayas alcancen un desarrollo total de madurez y en la etapa final del desarrollo las uvas se sincronizan en términos de madurez (Gouthu et al., 2014). Por otro lado, se plantea que todas las bayas tienen la misma duración en el programa de maduración independiente de la diferencia de la fecha del inicio de maduración (Deluc et al., 2007). La información que existe sobre el desarrollo asincrónico es dispar pero los estudios proponen que un racimo puede entregar fruta con una madurez variable, lo que provoca una mezcla de fruta de baja, media y alta madurez (Bottcher et al., 2010) lo que limita la elaboración de vinos de alta calidad (Bramley y Hamilton, 2004).

2.6 Causas de la variabilidad de madurez

Se han propuesto varias causas que provocan el desarrollo asincrónico y variabilidad de madurez en las uvas. En primer lugar, una de las principales causas a las que se le atribuye la variabilidad de madurez es la división celular asincrónica del primordio floral en el momento de la brotación, lo que indicaría que la variabilidad tendría un origen anatómico en la última parte del proceso de diferenciación floral, antes que se complete la formación del racimo (Zoecklein et al., 2010). Coombe (1992) sugiere que las diferencias en el inicio del ablandamiento entre las bayas, (el cual es un indicador del inicio de la madurez) estaría dado por la fecha de floración estaría dando lugar a una madurez asincrónica. Sin embargo, se ha estudiado una relación entre el inicio de la floración y la acumulación de azúcar en bayas individuales y se encontró que el contenido de azúcar en las uvas no tiene relación con el inicio de la floración (Vondras et al., 2016).

Por otra parte, un factor determinante en la velocidad de maduración de una baya sería el número de semillas de ésta. Lo anterior según lo reportado por Gouthu y Deluc (2015) quienes encontraron que uvas con mayor un número de semillas inician su maduración 4 a 14 días después que bayas con un menor número de éstas, señalando esta diferencia como la principal causa del desfase en el desarrollo de las uvas dentro de un racimo. Lo anterior se explica debido a que las auxinas que producen las semillas tienen una relación con el pericarpio, además,

estarían regulando el desarrollo y la maduración de la baya (Ruan et al., 2012). En consecuencia, los eventos de ablandamiento de la pared celular, acumulación de azúcar y pigmentación dependen principalmente de la disminución en los niveles de auxina junto con el aumento en los niveles de ABA (Castellarin et al., 2011).

En contraste, se ha descrito que el desarrollo independiente de las bayas en el racimo podría evidenciar una baja conexión entre la regulación hormonal y la sincronización de la madurez de uvas (Pagay y Cheng, 2010). Causas externas al metabolismo de las bayas también se han señalado como afectando el desarrollo asincrónico de las mismas. En este caso producto de cambios en las temperaturas y el déficit de presión de vapor que rodea a los racimos los que provocarían un retraso en el desarrollo de las bayas, la madurez y la acumulación de azúcar, según lo reportado por Rebutti et al. (1997) para los cv. Pinot Noir y Sangiovese. En este sentido se ha demostrado que el 90% de la variabilidad total en el contenido de azúcar medidos como °brix esta dado por la posición de la baya en el racimo y el grado de exposición de éstas al sol (Trought et al., 1996).

2.7 Manejos agronómicos y variabilidad de madurez

Una alta variabilidad en la madurez de las bayas puede ser producto de un desequilibrio hídrico y nutricional o por la influencia de algún tipo de estrés (De Cortázar-Atauri et al., 2009). En este sentido se ha descrito que las prácticas de fertilización podrían afectar la variabilidad de madurez (Friend et al., 2009) y que una deficiencia de potasio en hojas de vid retrasa la maduración de las bayas, alterando la uniformidad de madurez (Coombe y Dry, 1988). Adicionalmente un exceso de nitrógeno produciría un efecto similar que el potasio en la madurez de bayas (Keller et al., 1998).

Se han estudiado algunas prácticas de manejo como el estrés hídrico y la eliminación de racimos después de pinta para mejorar la homogeneidad de madurez, aunque los resultados se contradicen. En este sentido, en un estudio reportado por Calderon-Orellana et al. (2014), se ha demostrado que el déficit hídrico reduce la uniformidad de madurez de las bayas debido a la deshidratación de la fruta. Por otro lado, la práctica de eliminación de racimos de forma manual aumenta la uniformidad de madurez en comparación con plantas que no fueron intervenidas (Petrie y Clingeleffer, 2006). La limitación del número de brotes al momento de la poda puede indirectamente controlar esta variabilidad de madurez al generar una pared de follaje con brotes de largo homogéneo, pero la orientación de los mismo no influiría en el contenido de azúcar ni en la acidez titulable de los mismos (Trought et al., 2017). El manejo del dosel con prácticas como la chapoda también genera cambios en las tasas de acumulación de compuestos (Parker et al.,

2016), mientras que Pineau et al. (2017) concluyen que el recorte del dosel o chapoda en el cv. Pinot Noir desincroniza la acumulación de azúcar. Otra práctica agronómica evaluada para reducir la heterogeneidad de madurez es la aplicación de hormonas en distintas etapas fenológicas. De esta manera, se ha demostrado que una aplicación de ácido 1-naftalenacético (NAA, análogo de auxina) retrasaría el inicio de la maduración y produciría una reducción en la variabilidad en los niveles de azúcar entre bayas de un mismo racimo (Ziliotto et al., 2012). Igualmente, en un estudio similar, pero con el cv. Syrah, la aplicación de NAA retasó la madurez y observándose una sincronización en la maduración de las uvas (Bottcher et al., 2011). Por lo tanto, las prácticas utilizadas para reducir la variabilidad de madurez en racimos han encontrado resultados que se contradicen, y aun no está completamente claro el efecto de los manejos agronómicos mencionados.

2.8 Variabilidad de madurez y el efecto en la composición de bayas y vinos

Los viñedos cuentan con racimos que tienen una madurez asincrónica y que tienen una mezcla de bayas en distintos estados de madurez, lo que podría traducirse en que las bayas que se encuentran con cualidades óptimas se vean “diluidas” por bayas con una madurez inferior (Zoecklein et al., 2010). Debido a esto, la variabilidad en la composición y el tamaño de la fruta podría afectar la calidad general de la cosecha. En este sentido y según lo descrito por Bishop et al. (2005), existen reportes enológicos que indican que la calidad del vino no se vería afectada tan sólo por el promedio de sólidos solubles de la uva al momento de la cosecha, sino que la alta calidad de un vino se alcanza cuando la variación de sólidos solubles de la fruta fue pequeña. Igualmente basándose en los resultados de Carroll et al. (1978), los vinos elaborados con bayas con madurez óptima fueron superiores a vinos elaborados con bayas menos maduras y ligeramente maduras. Esto concuerda con lo propuesto por Keller (2010), el cual menciona que la calidad y complejidad de un vino no depende sólo de los valores promedios de los parámetros de composición de las bayas, sino que de los rangos de madurez que existen el viñedo al momento de cosecha.

Diferentes niveles en la concentración de azúcar en las bayas afectan las características sensoriales y organolépticas del vino (Heymann et al., 2013), debido a que bayas que se encuentran menos maduras tienen menor contenido de azúcar, una menor extracción de antocianinas y proantocianidinas de la piel y una mayor extracción de proantocianidinas de las semillas (Canals et al., 2005). Adicionalmente, uvas cosechadas que no alcanzaron una adecuada madurez, poseen menos antocianinas en la piel y más en semillas, más ácido málico y menos tartárico (Selvarajz et al., 1995). Es por esto que se ha demostrado que vinos elaborados con poblaciones de uvas más heterogéneas tienen características sensoriales diferentes que

vinos producidos con fruta más homogénea, aunque las medias de la concentración de azúcar sean similares (Pineau et al., 2017). Por lo tanto, cuantificar la heterogeneidad de madurez permite tomar medidas para reducir la cosecha de fruta verde y evitar la disminución de la calidad del vino (Pagay y Cheng, 2010). No obstante, lo anterior, viñedos cv. Cabernet Sauvignon de precios contrastantes entendidos como de distinta calidad potencial, no exhibieron diferencias en los promedios de SS, pH, peso de bayas y concentración de antocianinas, ni fruta más uniforme según lo reportado por Calderón-Orellana et al. (2014). De la misma manera, se ha encontrado una alta variabilidad en la distribución de SS en muestras de uvas de cultivares como Grenache, Syrah, Pinot Noir y Chardonnay sin ningún daño aparente en la calidad final del vino (De Cortázar-Atauri et al., 2009). Pero esta información se contrarresta, ya que bayas de Cabernet Sauvignon con una baja concentración de azúcar son generalmente menos maduras y contienen niveles más altos de compuestos como metoxipirazinas (Roujou de Boubée et al., 2000). Otro factor con gran variabilidad que se debe considerar es la variabilidad física que presentan las uvas, ya que en el cultivar Syrah las bayas más grandes parecieran tener características de menor calidad al tener menor concentración de azúcar y antocianinas (Barbagallo et al., 2011). La información que existe sobre la variabilidad de madurez no tiene una conclusión definitiva, pero se cree que el desarrollo asincrónico de uvas estaría alterando la variabilidad de madurez y composición de la fruta, lo que es un importante factor en la tipicidad del vino (Dai et al., 2011).

2.9 Medición de la variabilidad

Como se ha mencionado anteriormente, existe distintos niveles de variación en el viñedo; entre plantas, racimos de la misma planta y bayas del mismo racimo (Pagay y Cheng, 2010). Desde el punto de vista estadístico existen diferentes formas de evaluar la variabilidad de los datos de una muestra, por ejemplo, el rango el cual nos permite ver la dispersión de los datos, la desviación estándar (σ) la que nos indica si los datos se encuentran agrupados cerca o lejos de la media y el coeficiente de variación (CV) que representa el grado de variabilidad los datos. Con frecuencia se ha utilizado el coeficiente de variación para estimar la variación relativa de una muestra poblacional (Zoecklein et al., 2010). De esta manera y según lo reportado por Gray (2006), para vides visualmente uniformes, la variabilidad expresada como el coeficiente de variación, sería de un 4 a 5% en °brix, 3 a 4% en pH, 10 a 12% en acidez titulable, 6 a 20% en peso de bayas y 13 a 18% en color. Otros autores han registrado variabilidad de sólidos solubles entre bayas, racimos y plantas (Bishop et al., 2005; Calderón-Orellana et al., 2014), sin embargo, no se ha estudiado la relación de la variabilidad de madurez con la calidad del viñedo.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del ensayo

El presente estudio se llevó a cabo durante las temporadas 2019 y 2020 en seis viñedos de seis localidades distintas dentro de tres valles vitícolas de Chile; i) Valle de Maipo ubicado en la Región Metropolitana, ii) Valle de Colchagua ubicado en la Región de O'Higgins y iii) Valle de Curicó ubicado en la Región del Maule. Se utilizó un cuartel por localidad del cv. Cabernet Sauvignon los cuales presentaban rendimientos contrastantes y distinto precio de uva según la calidad previamente establecida.

Cuadro 1. Ubicación de los viñedos del cv. Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial previamente establecida por el viñedo comercial.

Calidad potencial	Cuartel	Valle	Localidad
Alta	Cuartel 1	Maipo	Buin
	Cuartel 2	Maipo	Buin
Media	Cuartel 3	Colchagua	Pumanque
	Cuartel 4	Maipo	Pirque
Baja	Cuartel 5	Maipo	Alhué
	Cuartel 6	Curicó	Itahue

3.2 Caracterización de los valles

3.2.1 Valle de Maipo

La zona posee un clima templado cálido, tiene una estación seca prolongada (diciembre a marzo), donde las temperaturas máximas promedio superan los 30°C y un invierno bien marcado con temperaturas que alcanzan los 0° grados. Las precipitaciones fluctúan en los 300 mm/año y en zonas más elevadas alcanza los 500 mm/año, concentradas en los meses de otoño e invierno. Posee un período libre de heladas aproximadamente 292 días al año. El valle tiene suelos aluviales y coluviales, pedregosos que permiten un buen drenaje, además de zonas de pie de monte, que rodean la cuenca con suelos estratificados, bien drenados y de fertilidad natural alta. Las diferencias entre Maipo alto y medio están dadas por la diferencia de altura, por lo cual varían algunas condiciones ambientales y topográficas.

3.2.2 Valle de Colchagua

El clima es de tipo Mediterráneo con estaciones muy marcadas. Las precipitaciones se concentran en invierno (mayo-agosto) con precipitaciones totales de 600 mm/año. La estación seca se mantiene entre noviembre y abril, con temperaturas máximas promedio de 28°C y mínima promedio de 12°C. Las brisas provenientes de la Cordillera de Los Andes crean un microclima especial provocando una gran diferencia en las temperaturas diurnas y nocturnas. Con respecto al suelo en la zona cordillerana se de origen volcánico, terrenos poco fértiles, en general son franco arcilloso. Por otro lado, la zona costera se caracteriza por tener el primer perfil arcilloso luego granito compuesto, suelos muy erosionados donde la roca está bien disgregada, lo que demuestra la antigüedad de los terrenos.

3.2.3 Valle de Curicó

El clima en el Valle de Curicó es de tipo mediterráneo moderado, con un período seco de cinco meses entre noviembre y marzo con días calurosos y noches frías-húmedas. La temperatura media anual es de 14°C. Los inviernos están bajo la influencia de la zona de alta presión del Pacífico, lo que se traduce en precipitaciones de aproximadamente entre 400 a 720 mm anuales. Los suelos son principalmente arcillosos o volcánicos aluviales.

3.3 Material vegetal

Como se mencionó anteriormente, en ambas temporadas se utilizaron seis cuarteles del cultivar Cabernet Sauvignon, los cuales recibieron una clasificación previa según las preferencias comerciales del viñedo. La clasificación comercial integra el sistema de producción, manejos agronómicos, las zonas de producción, potencial enológico, entre otros. Las características de manejo agronómicas de los viñedos utilizados para este estudio se encuentran resumidos en el cuadro 2. Los manejos agronómicos de los cuarteles utilizados fueron replicados durante las dos temporadas en estudios.

Cuadro 2. Manejos agronómicos realizados en los distintos cuarteles del cv. Cabernet Sauvignon durante la temporada 2019-2020.

Cuartel	Conducción	Sistema poda	Manejo de follaje	Ajuste de carga	Peso de poda kg/m	Rendimiento
Cuartel 1	Espaldera	Pitones	Desbrote + enreja	1 raleo	0,36	1.343
Cuartel 2	Espaldera	Pitones	Desbrote + enreja	1 raleo	0,42	1.608
Cuartel 3	Espaldera	Pitones	Desbrote + enreja	No	0,79	10.500
Cuartel 4	Espaldera	Pitones	Desbrote + enreja	1 raleo	1,5	14.590
Cuartel 5	Parrón	Cargadores	Desbrote	No	1,49	38.580
Cuartel 6	Espaldera Doble	Pitones	Chapoda	No	1,67	35.800

3.4 Diseño experimental

El ensayo se estableció con un diseño completamente al azar con tres tratamientos correspondientes a niveles de calidad potencial del viñedo alta, media y baja y dos repeticiones correspondientes a dos cuarteles por cada nivel de calidad. Para la toma de muestras de cada tratamiento durante las temporadas 2019 y 2020 se utilizaron dos hileras de la parte media del cuartel, de las cuales se ubicó la parte central y se escogieron cinco claros, en donde fueron tomadas las muestras de uva para los respectivos análisis y mediciones.

3.5 Caracterización de la variabilidad de °brix y peso de bayas durante el desarrollo de las bayas en viñedos del cv Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial

En la temporada 2020, con el objetivo de estudiar la evolución de la variabilidad de madurez en cada tratamiento (viñedo de diferente calidad potencial) se colectaron muestras de 4 repeticiones de 50 bayas en cuatro fechas diferentes, 14, 28 y 42 días después de pinta (considerada cuando los racimos estaban con un 50% de las bayas con cambio de color) y un día antes de la fecha de cosecha comercial. A cada baya se le midió el peso en gramos con una balanza analítica (Cubis Precision Balance, Sartorius, Göttingen, Alemania) y la concentración de azúcar expresado en °brix mediante un refractómetro digital (ATAGO HI 96811).

3.6 Determinación de la distribución de sólidos solubles y peso de bayas en viñedos del cv Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial en la fecha cosecha comercial

Durante las temporadas de vendimia 2019 y 2020, un día antes de la fecha de cosecha comercial se tomaron 4 repeticiones de 50 bayas por cuartel, de las zonas de muestreo. Las muestras fueron transportadas en condiciones de refrigeración hasta los laboratorios del Centro Tecnológico de la Vid y el Vino de la Universidad de Talca (CTVV). Con el fin de evaluar la variabilidad a cada baya se pesó (g) con una balanza analítica (Cubis Precision Balance, Sartorius, Göttingen, Alemania) y se determinó la concentración de azúcar expresada en °brix mediante un refractómetro digital (ATAGO HI 96811).

3.7 Comparación de los atributos de las uvas en viñedos del cv Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial previamente establecida

Durante las temporadas 2019 y 2020, para determinar si existían diferencias en las características de la fruta entre los viñedos de diferente calidad previamente establecida, al momento de la cosecha en cada cuartel del sector previamente delimitado se tomó una muestra de 20 kg de uva, las cuales fueron almacenadas en una cámara de frío a 6°C en el CTVV. Se tomó 100 bayas al azar las cuales se pesaron con una balanza analítica (Cubis Precision Balance, Sartorius, Göttingen, Alemania), luego se utilizó una muestra de 500 g de uva por cuartel, la cual se prensó y se obtuvo un mosto con el que se evaluó contenido de azúcar, pH, acidez titulable (AT) y ácido málico según la metodología propuesta por la OIV (2009).

Con otra muestra de 200 bayas se evaluó la madurez fenólica según la metodología propuesta por Glories y Augustin (1993). Para esto se maceró y homogenizó la muestra de 200 bayas durante dos minutos en un vaso precipitado, luego se dividió el macerado en dos lotes de 50 g. A un lote se le agregó 50 mL de solución a pH 1 y al otro lote se le agregó 50 mL con solución a pH 3,2. Luego se homogenizó cada las muestras con una bagueta de vidrio y se dejó macerar por 4 h a temperatura ambiente. Una vez concluida la maceración se homogenizó nuevamente y se filtró en papel filtro n°2 por 10 min hasta obtener 10 mL de filtrado. Se determinó la absorbancia con un espectrofotómetro con la solución a pH 1 (degradación máxima de las paredes celulares) y a pH 3,2 (simulando lo que ocurre en la fermentación alcohólica). Además, se determinó el Índice de Polifenoles Totales (IPT) con absorbancia de 280 nm y los fenoles de la piel con absorbancia de la solución de pH 3,2 a 520 nm. Se realizaron dos repeticiones por cuartel (cuatro repeticiones por calidad) de todas las evaluaciones mencionadas anteriormente.

3.8 Vinificación

Durante la temporada 2019 y 2020 la elaboración del vino se llevó a cabo mediante el proceso de vinificación estándar para un vino tinto. Se utilizó 40 Kg de uva de cada cuartel, los cuales fueron almacenados en una cámara de frío a 6°C durante 24 h previo a la vinificación. Posterior al proceso de despalillado, las bayas y el mosto resultante se introdujo en estanques de acero inoxidable con capacidad de 50 L. El mosto fue inoculado con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* Cepa BO 213 (Laffort, Bordeaux Cedex, Francia) a una dosis de 20 g/Hl y la fermentación alcohólica se llevó a cabo a una temperatura controlada de $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Se realizaron los remontajes correspondientes finalizando con descubado, prensado y posterior embotellado del vino resultante.

3.9 Análisis de parámetros enológicos entre viñedos del cv. Cabernet Sauvignon de distinto potencial cualitativo

Luego de embotellados los vinos, en cada temporada, se procedió a realizar los análisis de interés enológico tales como grado alcohólico a 20°C, acidez total (g/L H_2SO_4) y pH según la metodología propuesta por la OIV (2009). Además, las antocianinas totales (mg/L), intensidad colorante a 420 nm+520 nm e intensidad de colorante a 420 nm+520 nm+620 nm por medio de espectrofotometría según la metodología propuesta por Bordeu y Scarpa (1998). Se realizaron dos repeticiones por cuartel (cuatro repeticiones por calidad) de todas las evaluaciones mencionadas anteriormente.

3.10 Análisis estadístico

Para evaluar las diferencias estadísticas de los análisis de composición de bayas y los parámetros enológicos, se realizó análisis de varianza (ANDEVA) con el software Statgraphics Centurion XVI.I (Statgraphics Technologies, Inc. The Plains, VA, EE. UU) y en caso de existir diferencias significativas se realizó separación de medias con la prueba LSD al 95% de exigencia. Además, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) fue realizado con el Software estadístico InfoStat (www.infostat.com.ar) versión 2008 para determinar con que parámetros de las bayas están más relacionados los viñedos de distinta calidad potencial.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de la madurez asincronía en el cv. Cabernet Sauvignon.

La evaluación del desarrollo asincrónico de un racimo del cv. Cabernet Sauvignon durante la temporada 2020 se encuentra en la figura 1. Como se observa la primera baya se colorea aproximadamente a los 52 días después de cuaja (DDC). Posteriormente se identificó el estado fenológico denominada pinta a los 59 DDC, en donde existe un 50% del racimo con bayas coloreadas. Lund et al., 2008, encontraron al menos cuatro clases de madurez identificadas como verde fuerte, verde suave, rosado y rojo suave cuando los racimos presentaban un 50% de madurez en el cv. Cabernet Sauvignon, lo que se ajusta a esta investigación. Además, este mismo autor indica que deben transcurrir entre 7 a 10 días para que ocurra la iniciación de madurez en el racimo completo. En el presente trabajo según la pigmentación de las bayas, se identifica que la iniciación de la madurez en el racimo completo ocurre aproximadamente entre 15 a 20 días después de la primera baya, por lo que cada baya estaría iniciando el proceso de madurez de forma individual en el racimo. Esto concuerda con lo expuesto por Gouthu et al. (2014), el cual menciona que las bayas no entran en el período de maduración al mismo tiempo y muestran diferencias muy marcadas entre bayas, sin embargo, alcanzan estados de madurez similares hacia el fin de la etapa de madurez. Cada baya iniciaría su periodo de madurez de forma independiente y lo que más podría ajustarse a este inicio desfasado en la madurez son las etapas fenológicas anteriores que no ocurren de manera sincronizada, como la floración, o incluso antes de la floración como lo menciona Coombe (1992).

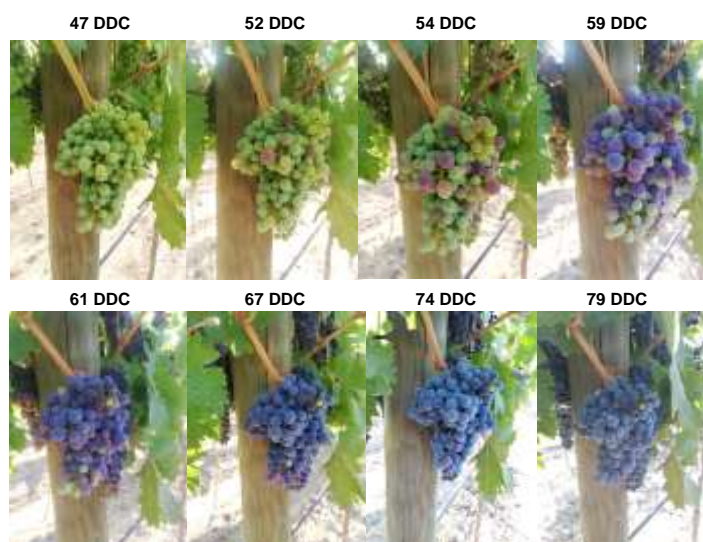


Figura 1. Evolución de la madurez de un mismo racimo del cv. Cabernet Sauvignon desde los 47 días después de cuaja (DDC) hasta los 79 DDC durante la temporada 2020 en el Valle de Curicó sector Itahue.

4.2 Evaluación de la variabilidad de °brix y peso de bayas durante el periodo de madurez en viñedos del cv Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial previamente establecida

La evolución del peso de bayas durante el periodo de madurez se puede apreciar en la figura 2. Los resultados indican que los cuarteles de menor calidad tienen mayor promedio del peso de bayas desde los 28 DDP, seguido por los de media y alta calidad donde no se aprecian grandes diferencias en el tamaño durante el desarrollo hasta la cosecha.

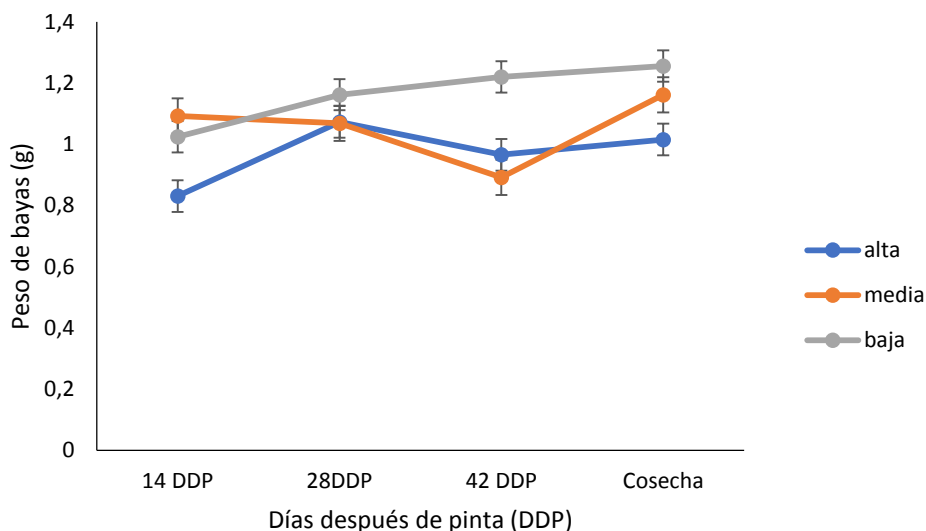


Figura 2. Evolución del peso de bayas (g) en viñedos del cv. Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial durante cuatro fechas de muestreo desde los 14 días después de pinta (DDP) hasta la cosecha comercial durante la temporada 2020.

En el cuadro 3 se observa la variabilidad del peso entre bayas. Los resultados de la variabilidad indican que desde los 14 días después de pinta (DDP) la variabilidad disminuye hacia la cosecha en los tres niveles de calidad para el caso del cv. Cabernet Sauvignon. Al igual que los datos expuestos por Pagay y Cheng (2018), quienes encontraron mayor variabilidad del diámetro de bayas en el envero y luego se reduce hacia la cosecha en las variedades Cabernet franc y Concord. Por lo tanto, al comienzo del proceso de maduración ya existe una variabilidad en el peso de bayas en todos los niveles de calidad lo que reafirma lo descrito por Gray (2002) en donde menciona que la variabilidad de la masa de las bayas estaría comenzando antes del cuajado. Además, en este mismo estudio se encontró un CV del peso de racimos de 45% en la variedad Cabernet franc, el cual es superior para los valores determinados en este trabajo para los distintos niveles de calidad en el cv Cabernet Sauvignon, por lo que la variabilidad del peso de bayas sería dependiente del cultivar.

Cuadro 3. Variabilidad del peso entre bayas (g), expresada como el coeficiente de variación (CV%) durante cuatro fechas de muestreo desde los 14 días después de pinta (DDP) hasta la cosecha comercial durante la temporada 2020 en viñedos del cv. Cabernet Sauvignon distinta calidad potencial previamente establecida.

Calidad potencial	Fecha de muestreo			
	14 DDP	28 DDP	42 DDP	Cosecha
Alta	32,5%	27,1%	28,2%	19,9%
Media	37,3%	29,3%	30,2%	30,6%
Baja	25,7%	26,8%	22,0%	20,3%

La evolución de la concentración de azúcar ($^{\circ}$ brix) durante el periodo de madurez se encuentra en la figura 3. Los sólidos solubles aumentan a medida que se aproxima la cosecha independiente del nivel de calidad establecido, sin embargo, los niveles son más altos en viñedos de calidad alta seguidos por los de media y baja calidad. Los mayores niveles de sólidos solubles podrían otorgarse a los manejos agronómicos especialmente a los de conducción y manejos de dosel, en donde viñedos de mayor calidad tienen menor peso de poda con valores entre 0,36 a 0,42 kg por metro lineal, lo cual indica niveles óptimos de vigor, por lo tanto los racimos se encuentran con una adecuada exposición solar y en consecuencia según lo reportado por Jackson y Lombard (1993), los racimos más expuestos al sol tienen niveles más altos de sólidos solubles.

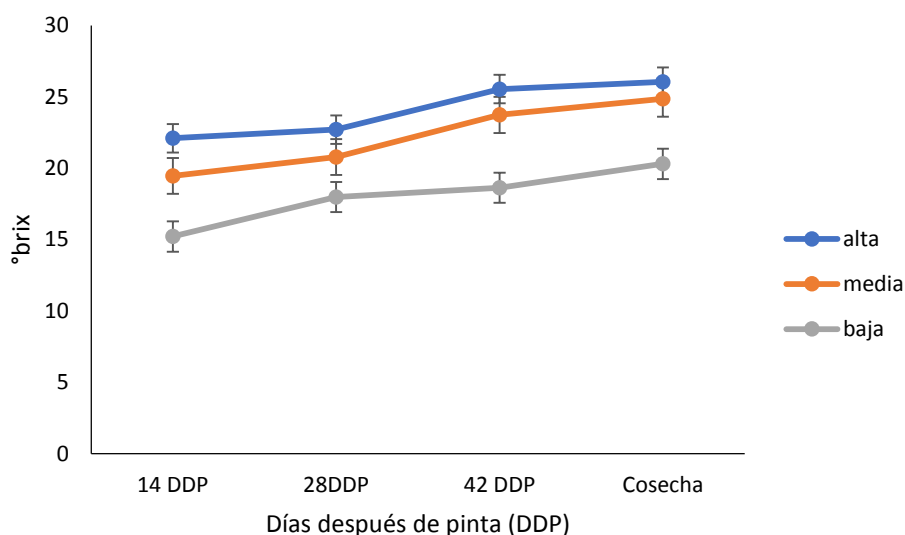


Figura 3. Evolución de la concentración de azúcar ($^{\circ}$ brix) en viñedos del cv. Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial durante cuatro fechas de muestreo desde los 14 días después de pinta (DDP) hasta la cosecha comercial durante la temporada 2020.

La variabilidad de °brix entre bayas durante el periodo de madurez se observa en el cuadro 4. Es evidente que en los viñedos de alta calidad se encuentra los menores valores de variabilidad durante las fechas de muestreo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por De Cortazar-Atauri et al. (2009), quienes encontraron distintas clases de madurez según °brix en diferentes fechas de muestreo en los cultivares Garnacha y Syrah, encontrando variaciones entre 9 a 11 °brix, lo que confirma una madurez heterogénea en cuanto a la concentración de azúcar. En este trabajo se encuentran rangos superiores para el cv. Cabernet Sauvignon, desde 6,5 hasta 18,3 °brix en algunas fechas de muestreo con mayores niveles de variabilidad en viñedos de media y baja calidad. Estos resultados podrían ser efecto del nivel hormonal de auxinas en las bayas, que según los resultados expuesto por Zhang et al. (2003), se encuentran en altas concentraciones en frutos jóvenes y bajas en frutos en maduración. En base a lo anterior, resultados han demostrado que los niveles de esta hormona disminuyen posteriormente a la pinta de forma paralela con el aumento de glucosa y fructosa (Serrano, 2014). Además, como cada baya se desarrollaría de forma individual, se tiene diferentes niveles de sólidos solubles en el racimo. Por lo tanto, los cuarteles clasificados de mayor calidad tendrían un proceso hormonal más equilibrado en las bayas permitiendo una madurez más uniforme.

Cuadro 4. Variabilidad de la concentración de azúcar (°brix) entre bayas, expresada como el coeficiente de variación (CV) durante cuatro fechas de muestreo desde los 14 días después de pinta (DDP) hasta la cosecha comercial durante la temporada 2020 en viñedos del cv. Cabernet Sauvignon distinta calidad potencial previamente establecida.

Calidad	Fecha de muestreo			
	14 DDP	28 DDP	42 DDP	Cosecha
Alta	8,6%	7,7%	5,3%	5,1%
Media	16,0%	11,6%	9,0%	7,1%
Baja	8,6%	10,1%	10,8%	8,3%

4.3 Análisis de la distribución de °brix y peso de bayas en la fecha de cosecha comercial durante dos temporadas entre viñedos del cv Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial previamente establecida

La distribución del peso de bayas (g) se puede observar en la figura 4. Los mayores promedios del peso de bayas se encuentran en los viñedos de baja calidad, el cual corresponde a de 1,21 g en la temporada 2019 y 1,25 g en la temporada 2020. Este efecto podría atribuirse a la búsqueda de altos rendimientos en viñedos de baja calidad, en donde el principal objetivo es obtener la

máxima producción posible independiente de la composición de las bayas. Por otro lado, viñedos de mayor calidad tienen bayas con menor peso, en las cuales los compuestos de la baya no se ven diluidos por la proporción de estas y en relación con los resultados descritos por Rolle et al. (2015), en dónde señalan que bayas más pequeñas tienen una mayor concentración de compuestos en la piel, lo que sería un indicador cualitativo.

En la temporada 2019 se obtuvo un rango de 1,46 g en viñedos de alta calidad; 1,89 g en viñedos de media calidad y 1,34 g en viñedos de baja calidad, mientras que para la temporada 2020 los rangos fueron de 1,54 g en viñedos de alta calidad; 1,82 g en viñedos de calidad media y 1,45 g en viñedos de baja calidad, en donde ambas temporadas coinciden en que los viñedos de calidad media poseen el mayor rango del peso, mientras que los viñedos de menor calidad son lo que poseen un rango más estrecho. En este sentido la distribución del peso de baya no tiene una relación con la calidad.

Los resultados de la variabilidad representada por el CV del peso de bayas a la fecha de cosecha comercial para la temporada 2019 fue de 26,44% en viñedos de alta calidad, 28,28% en calidad media y 22,78% en viñedos de baja calidad, por otra parte, en la temporada 2020 donde existió mayor variabilidad, se obtuvo un CV 19,93% en viñedos de alta calidad, 30,62% en viñedos de calidad media y 20,36% en viñedos de calidad baja. Estos valores están por debajo de los reportados por Gray, (2002) para el cv. Syrah, quien a la fecha de cosecha obtuvo un CV de la masa de bayas de un 41,66%.

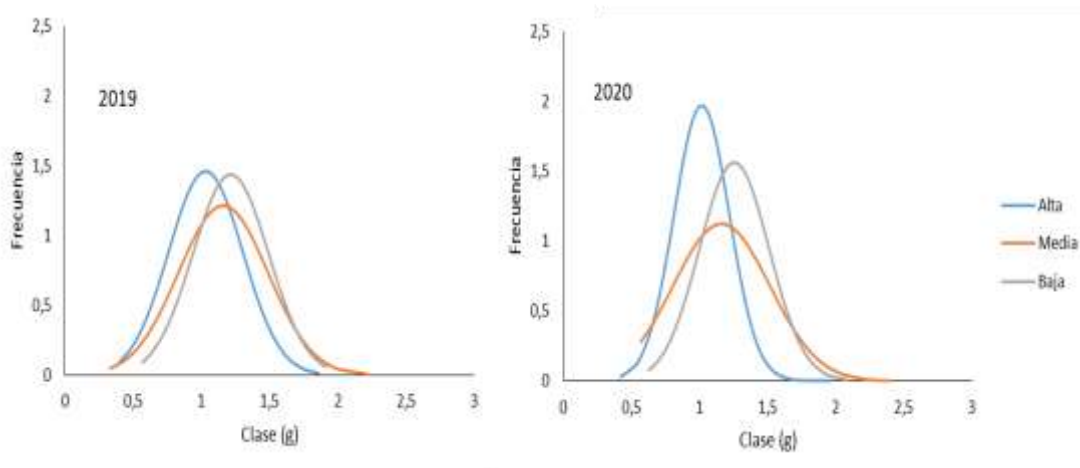


Figura 4. Influencia de la clasificación de calidad en los viñedos del cv. Cabernet Sauvignon sobre la distribución del peso de bayas (g) en la fecha de cosecha comercial durante las temporadas 2019 y 2020.

La distribución de la concentración de azúcar medida como °brix para ambas temporadas se presenta en la figura 5. Los resultados obtenidos indican que para ambas temporadas la concentración de azúcar fue mayor en viñedos de calidad potencial alta, con 25,9 y 26,1 °brix para las temporadas 2019 y 2020 respectivamente. Por otra parte, para la temporada 2019 el rango de concentración de azúcar fue de 10,0; 12,9 y 15,3 °brix para viñedos de alta, media y baja calidad, correspondientemente. En la temporada 2020 los rangos fueron de 7,1; 9,5 y 10,8 °brix en viñedos de alta, media y baja calidad respectivamente. Estos efectos se deben probablemente a que vides de mayor calidad tienen una mejor relación fuente sumidero, proporcionando una balanceada y uniforme translocación de fotoasimilados hacia todas las bayas del racimo, permitiendo una cosecha más homogénea con rangos más estrechos de sólidos solubles.

En línea con lo anterior, según lo mencionado por Zoecklein et al. (2010), puede existir una distribución muy amplia de °brix, con bayas por debajo de 18 °brix y mayores de 24 °brix, con un amplio rango de los sólidos solubles lo que finalmente se traduce en una variación en el aroma, el sabor y los compuestos fenólicos del mosto. En la presente investigación, los viñedos de menor calidad concuerdan con lo expuesto anteriormente, ya que presentan un amplio rango de madurez con bayas muy inmaduras que estarían afectando la composición de la fruta en el viñedo aportando compuestos indeseados como aromas y sabores herbáceos que alteran la calidad final del vino.

La variabilidad en la concentración de azúcares en bayas (medida como °brix) durante las temporadas 2019 y 2020, resultó menor en viñedos de calidad potencial alta con un CV de 5,0% y 5,13% por temporada respectivamente, en viñedos de calidad media con un 6,24% y 6,06% y para viñedos de calidad baja un CV de 8,05% y 7,96% respectivamente. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Gray (2006), quien menciona un CV para °brix de entre 4 a 5% en plantas visualmente uniformes, lo que se aproximaría a los resultados obtenidos en este estudio para viñedos de alta calidad. Al respecto, Zoecklein et al. (2010) indican que las concentraciones de sólidos solubles pueden ser bastante uniformes con un CV menor a 10%, pero la variabilidad puede ser mayor si no hay homogeneidad entre vides, racimos o el microclima que los envuelve.

El factor cultivar puede ser también determinante al respecto, tal y como lo señalan los resultados de Pagay y Cheng (2018), quienes para el cv. Concord reportan un alto grado de variabilidad en cosecha con un CV de 14% para la concentración de azúcar de las bayas. Por otra parte, Bishop et al. (2005) describió la variabilidad de sólidos solubles según los °brix en los cv. Vidal Blanc entre bayas con un 31%, entre racimos con un 28% y 41% entre vides, para el cv.

Seyval Blanc entre bayas 22% entre bayas, 69% entre racimos y 9% entre vides y por último en el cv. Pinot Gris entre bayas 34%, entre racimos 18% y 48% entre vides, lo que confirma que la variabilidad de sólidos solubles estaría relacionada con del cultivar.

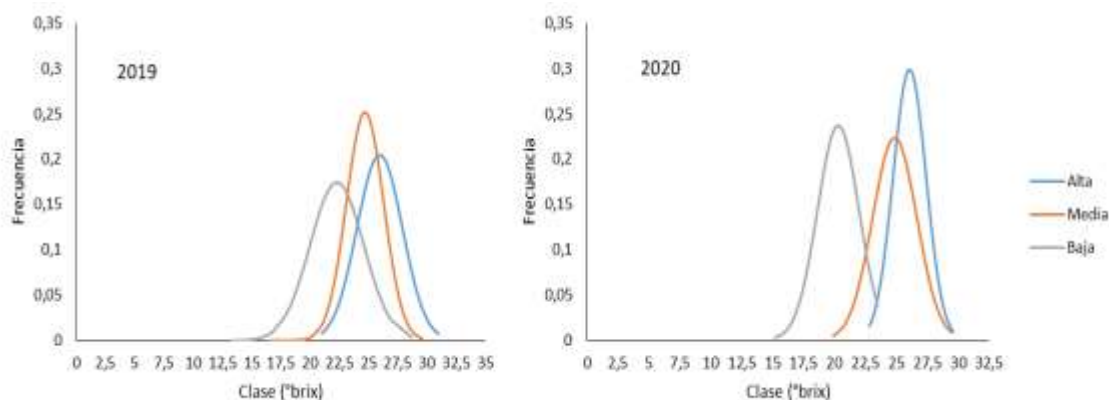


Figura 5. Influencia de la clasificación de calidad en los viñedos del cv. Cabernet Sauvignon sobre la distribución de la concentración de azúcar (°brix) en la fecha de cosecha comercial durante las temporadas 2019 y 2020.

4.4 Análisis de los atributos de bayas y mostos en viñedos de distinta calidad potencial previamente establecida del cv Cabernet Sauvignon

Los resultados del análisis de la composición de bayas se encuentran resumidos en el cuadro 2. En la temporada 2019, según la clasificación de los viñedos se obtuvo diferencias entre °brix, peso promedio de 100 bayas, ácido málico (g/L), concentración de antocianinas a pH 3,2 (g/L), concentración de antocianinas a pH 1 (g/L), fenoles en la piel e índice de polifenoles totales. En contraste, no se encontró diferencia significativa en pH y acidez total (g/L) entre viñedos de distinta calidad potencial. En la temporada 2020, efectos significativos fueron encontrados entre los niveles de calidad en °brix, peso promedio de 100 bayas (g), pH, acidez total (g/L), concentración de antocianinas a pH 3,2 (g/L), concentración de antocianinas a pH 1 (g/L), e índice de polifenoles totales. Por el contrario, no se encontraron diferencias entre ácido málico (g/L) y fenoles en la piel entre los niveles de calidad. En ambas temporadas se encontraron niveles más altos de la concentración de antocianinas e índice de polifenoles totales en viñedos de alta calidad, que según lo expuesto por Cynkar et al. (2009), el contenido de antocianinas depende de las condiciones climáticas, factores geográficos, manejos agronómicos y los cultivares de uva, por lo tanto la clasificación propuesta para estos viñedos donde se insertan los factores mencionados sería efectiva, debido a que la coloración es uno de los principales factores influyentes en la aceptación de vinos.

Por otro lado, estos resultados no concuerdan con los expuestos por Calderón-Orellana et al., (2014), el cual no encontró diferencias en cuanto a concentración de azúcar medida como °brix, pH o concentración de antocianinas entre viñedos de distinto precio de uva, parámetro que se utilizó como indicador de los niveles de calidad potencial de los viñedos. La diferencia de resultados con este estudio podría estar dada por la distinta clasificación propuesta para los viñedos, además de la diferencia entre los rendimientos por hectárea entre los viñedos de distinta calidad potencial utilizados en este estudio. Sin embargo, existe una falta de evidencia que corrobore que al clasificar viñedos según composición química, apreciaciones subjetivas o precio de la uva vaya a evidenciar una diferencia entre los atributos de las uvas.

4.5 Clasificación de viñedos del cv Cabernet Sauvignon de distinta calidad potencial según los atributos de las bayas

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para clasificar los viñedos de distinta calidad potencial según los atributos de la fruta (figura 6). El componente principal 1 (PC 1), explicó un 84,7 % de toda la varianza y el componente principal 2 (PC 2), explicó un 9,7% de toda la varianza, representando un total de 94,4% del total de la varianza. El PC 1 está correlacionado con fenoles en la piel, índice de polifenoles totales, antocianinas totales a pH 1,0 y 3,2; acidez titulable, peso promedio de 100 bayas, mientras que el PC 2 está correlacionado con el pH y °brix. Los cuarteles de calidad alta se caracterizan por el índice de polifenoles totales, fenoles en la piel, antocianinas a pH 3,2 y a pH 1,0 lo cual es un indicador de calidad debido a que es deseable en la producción de vinos altas concentraciones de compuestos fenólicos que proporcionarían mayor color final en el vino. En contraste los viñedos de calidad baja se caracterizan por la acidez titulable, ácido málico y peso promedio de 100 bayas, lo cual se asocia a los altos rendimientos obtenidos en donde además al momento de la cosecha las muestras estaban compuestas por una mayor población de bayas con bajos niveles de sólidos solubles, que estarían aportando una mayor proporción ácida en las muestras de uvas. Por último, los viñedos de calidad media no tienen una fuerte tendencia con los atributos estudiados debido a que estos viñedos tienen valores medios en gran parte de los atributos estudiados.

Cuadro 5. Efecto de la clasificación de calidad en los viñedos del cv. Cabernet Sauvignon sobre el promedio de °brix, peso promedio de 100 bayas, pH, acidez total, ácido málico, concentración de antocianinas a pH 3,2 y pH 1,0 fenoles en la piel e Índice de polifenoles totales durante la temporada 2019 y 2020.

Calidad potencial	°brix	Peso promedio de 100 bayas (g)	pH	Acidez total (g/L H ₂ SO ₄)	Ácido málico (g/L)	Concentración de antocianinas a pH 3,2 (g/l)	Concentración de antocianinas a pH 1,0 (g/l)	Fenoles en la piel	Índice de polifenoles totales
2019									
Alta	26,7 a	0,9 a	3,6	4,1	1,2 a	591 a	860 a	14,3 a	50,6 a
Media	24,5 b	1,1 b	3,7	3,9	1,3 a	524 b	704 b	11,8 b	44,2 ab
Baja	21,7 c	1,3 c	3,7	4,6	1,6 b	480 b	750 ab	11,1 b	39,3 b
Significancia	***	***	ns	Ns	**	*	*	**	*
2020									
Alta	24,4 a	1,0 a	3,6 a	3,8 a	1,1	508 a	709 a	11,6	51,0 a
Media	23,5 a	1,3 b	3,5 b	5,0 b	1,6	433 ab	628 b	9,9	38,3 b
Baja	20,5 b	1,2 c	3,3 b	5,2 b	1,6	369 b	465 b	8,8	37,7 b
Significancia	**	***	*	**	ns	*	**	ns	**

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) prueba estadística LSD. Significancia estadística * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$ and *** $p \leq 0.001$. ns: no significativo.

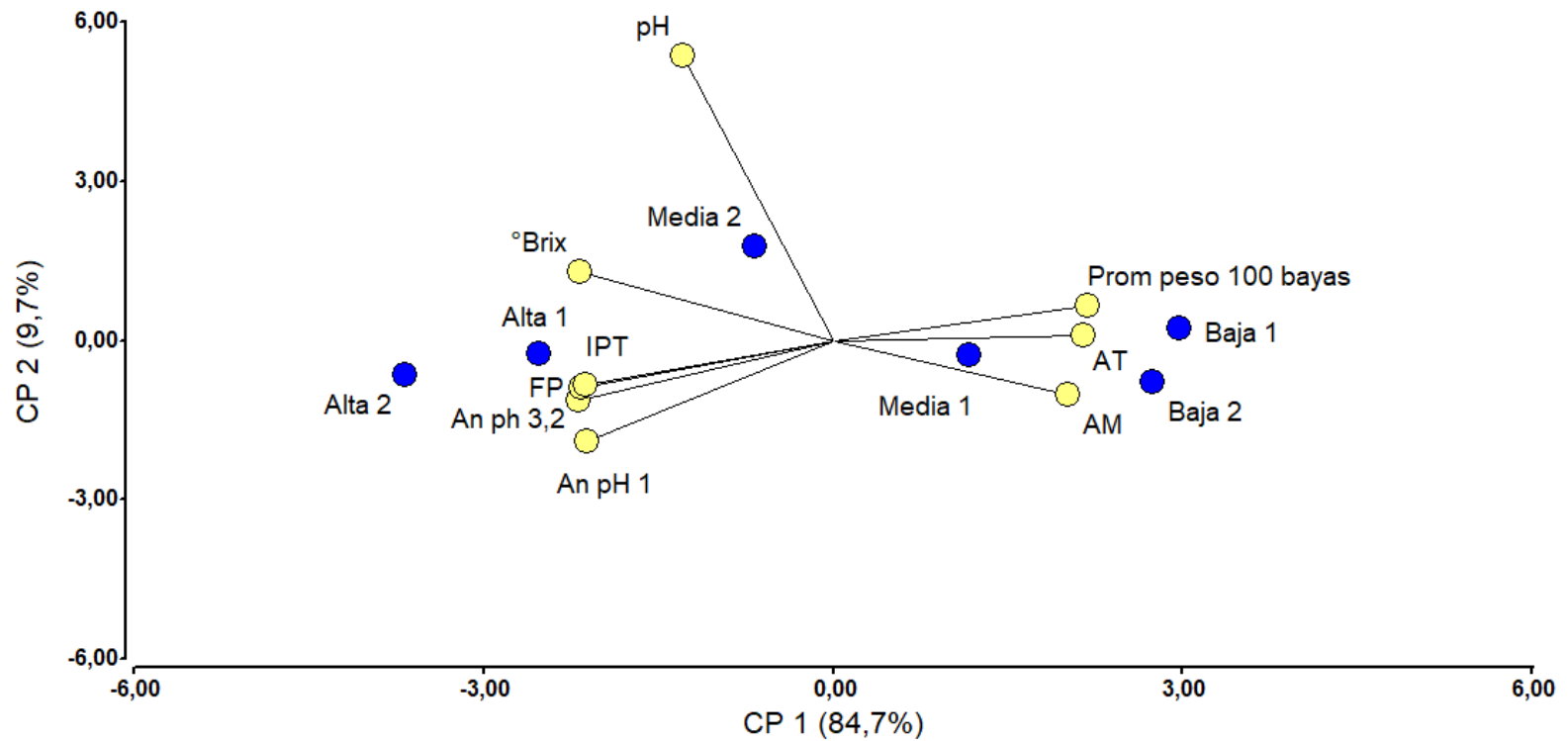


Figura 6. Analisis de Componentes Principales (ACP) realizado con las variables analziadas durante las temporadas 2019 y 2020. Variables utilizadas: °brix, pH, Acidez titulable (AT) y Ácido málico (AM), Promedio del peso de 100 bayas, Índice de polifenoles totales (IPT), Fenoles en la piel (FP), Antocianas totales a pH 3,2 (An pH 3,2), Antocianinas totales a pH 1 (An pH 1) correspondientes a los viñedos del cv. Cabernet de distinta calidad potencial (dos viñedos por calidad).

4.6 Análisis de la composición del vino producido por viñedos de distinta calidad potencial previamente establecida del cv Cabernet Sauvignon.

Los análisis de los parámetros enológicos lo podemos observar en el cuadro 6. En ambas temporadas se encontró diferencias significativas entre grado alcohólico a 20°C, acidez titulable H_2SO_4 (g/L), pH, antocianinas totales (mg/L), intensidad de colorante a 420+520 nm e intensidad de colorante a 420+520+620 nm entre los distintos niveles de calidad establecidos por el viñedo. Por lo tanto, la clasificación comercial utilizada en este estudio estaría relacionados con la producción de vino.

Al encontrar diferencias en la composición de vinos entre los viñedos de distinta calidad, se debe asociar la variabilidad de madurez evidenciada en el presente trabajo, aunque la evidencia es contradictoria. Existe evidencia que indica que no existe diferencias entre vinos del cv. Pinot Noir elaborados con fruta de un amplio rango de madurez y con un estrecho rango de madurez, donde la media de la concentración de sólidos solubles de las poblaciones de frutos es similar (Pineau et al., 2017), pero lo que reportan Cuadros-Inoztroza et al (2020) es diferente, debido a que encontraron diferencias significativas entre vinos producidos por distintos tipos de racimos del cv. Pinot Noir con distintas clases de madurez, que además vinos producidos con uvas más grandes parecen generar vinos menos equilibrados, con menos cuerpo y menos complejos.

En esta investigación se encontró evidencia que señala que vinos elaborados con uvas provenientes de viñedos con mayor variabilidad en los °brix poseen menor grado alcohólico, concentración de antocianinas e intensidad de colorante. Esto podría deberse a que, al tener una heterogeneidad de madurez muy alta, hay una población de uvas menos maduras, las cuales según los resultados obtenidos por Kontoudakis et al. (2011), en el cv. Cabernet Sauvignon, disminuyen el contenido de etanol, pH, concentración de antocianinas, intensidad de color, índice fenólico total, concentración de proantocianidina y aumento de la acidez titulable. Sumado a lo anterior, esto se puede asociar a los resultados mencionados por Canales et al. (2005), en el cual se muestra que, en términos generales, en el cv. Tempranillo la extracción de antocianinas (de pieles) y proantocianidinas (de pieles y semillas) es significativamente mayor cuando las uvas son más maduras, a lo que podemos hacer referencia de cuarteles con menor variabilidad de madurez. En contraste, en los resultados expuestos por De Cortázar-Atauri et al. (2009), hallaron una alta variabilidad en los °brix, con un rango de 8,5 °brix, pero sin ningún daño aparente en la calidad del vino. Sumado a esto, Parr et al. (2007), mencionan que los vinos producidos con uvas del cv. Sauvignon Blanc tienen sabores de bayas maduras como inmaduras, por lo que independiente del estilo de vino que se desea producir, conocer la variabilidad de madurez podría ayudar a identificar los posibles aromas y sabores provenientes de la uva.

Actualmente, se asume que la homogeneidad de madurez de las bayas es mejor que un cultivo heterogéneo, pero se desconoce qué nivel es aceptable para una óptima producción de vinos (Vondras et al., 2013). Cabe destacar, que según los resultados expuestos en este trabajo se debe mencionar que al momento de cosecha una variabilidad de °brix entre bayas con un CV de hasta 5,0% y en peso de bayas (g) un CV menor a 20% podría ser un valor adecuado para una óptima producción de vinos.

Cuadro 6. Efecto de la clasificación de calidad en la composición de vinos provenientes del cv. Cabernet Sauvignon sobre el promedio de grado alcohólico a 20°C, acidez total, pH, antocianinas totales e índice de colorante durante la temporada 2019 y 2020.

Calidad potencial	Grado alcohólico a 20°C	Acidez total H ₂ SO ₄ (g/L)	pH	Antocianinas totales (mg/L)	IC 420+520nm	IC 420+520+620nm
2019						
Alta	15,1 a	4,3 a	3,4 a	524,3 a	9,5 a	10,5 a
Media	14,3 b	3,9 b	3,5 a	506,4 a	9,8 a	10,8 a
Baja	12,3 c	3,8 b	3,6 b	363,0 b	5,8 b	6,5 b
Significancia	***	**	***	**	**	**
2020						
Alta	14,6 a	4,0 a	3,7 a	412,5 a	13,9 a	15,5 a
Media	14,4 b	4,2 b	3,7 a	403,7 a	10,7 b	12,2 b
Baja	12,6 b	4,3 b	3,5 b	295,2 b	10,2 b	11,4 b
Significancia	***	**	**	**	**	**

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) prueba estadística LSD. Significancia estadística * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$ and *** $p \leq 0.001$. ns: no significativo.

V. CONCLUSION

En el cultivar Cabernet Sauvignon se observó una asincronía de madurez aproximadamente de hasta 20 días entre bayas de un mismo racimo, derivando una alta variabilidad de sólidos solubles (°brix) y peso de bayas (g) durante el desarrollo de las bayas, la cual disminuye a medida que se acerca la cosecha independiente del nivel de calidad del viñedo.

En relación con la distribución de sólidos solubles y peso de bayas en la fecha de cosecha comercial, se encontró que los viñedos de mayor calidad tienen una distribución más estrecha según los °brix en comparación con los viñedos de media y baja calidad, por el contrario no se aprecia esta relación con el peso de bayas en las temporadas 2019 y 2020.

Respecto a la clasificación comercial de los viñedos, los distintos niveles de calidad afectaron la composición de bayas y vinos en variables de interés vitícolas y enológicas, destacando una mayor concentración de antocianinas y fenoles en bayas, además de mayor concentración de antocianinas e intensidad de colorante en vinos provenientes de viñedos de alta calidad.

En virtud de lo anterior, existe una relación entre la variabilidad de madurez de sólidos solubles al momento de cosecha, la calidad potencial del viñedo y la composición de vinos en el cv. Cabernet Sauvignon, por lo cual la variabilidad de madurez podría ser utilizado como un indicador adicional en la clasificación de los viñedos.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Baluja, J., Diago, M. P., Goovaerts, P., & Tardaguila, J. (2012). Assessment of the spatial variability of anthocyanins in grapes using a fluorescence sensor: relationships with vine vigour and yield. *Precis. Agric.*, 13(4), 457-472.
2. Barbagallo, M. G., Guidoni, S., & Hunter, J. J. (2011). Berry size and qualitative characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah. *South African J. Enol. Vitic.*, 32(1), 129-136.
3. Bashir, S., & Kaur, N. (2018). The Biochemistry of Grape Berry Development. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 7(2), 1692-1699.
4. Berli, F. J., Fanzone, M., Piccoli, P., & Bottini, R. (2011). Solar UV-B and ABA are involved in phenol metabolism of *Vitis vinifera* L. increasing biosynthesis of berry skin polyphenols. *J. Agric. Food Chem.*, 59(9), 4874-4884.
5. Bishop, B. L., Ferree, D. C., Gallander, J. F., & Steiner, T. E. (2005). Sources of variation in maturation soluble solids of three white grape cultivars. *Jam. Pomol. Soc.*, 59(3), 153.
6. Bordeu, E. Scarpa J. (1998). Chemical analysis of wine. First edition. Editions Catholic University of Chile. Santiago, Chile. 253 p.
7. Böttcher, C., Harvey, K., Forde, C. G., Boss, P. K., & Davies, C. (2011). Auxin treatment of pre-veraison grape (*Vitis vinifera* L.) berries both delays ripening and increases the synchronicity of sugar accumulation. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 17(1), 1-8.
8. Bramley, R. G. V., & Hamilton, R. P. (2005). Hitting the zone—making viticulture more precise. In *Proceedings of the 12th Australian Wine Industry Technical Conference*. Eds RJ Blair, PJ Williams, IS Pretorius, 57-61.
9. Calderon-Orellana, A., Matthews, M.A., Drayton, W.M., & Shackel, K.A. (2014). Uniformity of ripeness and size in cabernet sauvignon berries from vineyards with contrasting crop price. *Am. J. Enol. Vitic.*, 65, 81–88.
10. Canals, R., Llaudy, M. C., Valls, J., Canals, J. M., & Zamora, F. (2005). Influence of ethanol concentration on the extraction of color and phenolic compounds from the skin and seeds of Tempranillo grapes at different stages of ripening. *J. Agric. Food Chem.*, 53(10), 4019-4025.
11. Carroll, D. E., Ballinger, W. E., McClure, W. F., & Nesbitt, W. B. (1978). Wine quality versus ripeness of light-sorted Carlos muscadine grapes. *Am. J. Enol. Vitic.*, 29(3), 169-171.
12. Castellarin, S. D., Matthews, M. A., Di Gaspero, G., & Gambetta, G. A. (2007). Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. *Planta*, 227(1), 101-112.
13. Chervin, C., Aked, J., & Crisosto, C. H. (2012). Grapes.
14. Cynkar, W.; Cozzolino, D.; Damberg, R.G. (2009). The effect of sample storage and homogenisation techniques on the chemical composition and near infrared spectra of white grapes. *Food Res. Int.*, 42, 653–65
15. Cohen, S. D., Tarara, J. M., & Kennedy, J. A. (2008). Assessing the impact of temperature on grape phenolic metabolism. *Analytica chimica acta*, 621(1), 57-67.
16. Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A. C. P., Tavares, R. M., Sousa, M. J., ... & Gerós, H. (2007). Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food*, 22.
17. Coombe, B. G. (1992). Research on development and ripening of the grape berry. *Am. J. Enol. Vitic.*, 43(1), 101-110.

18. Coombe, B. G., & Dry, P. R. (Eds.). (1988). *Viticulture. Volume 1, Resources in Australia*. Australian Industrial Publishers.
19. Coombe, B. G., & McCarthy, M. G. (2000). Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 6(2), 131-135.
20. Cuadros-Inostroza, Á., Verdugo-Alegría, C., Willmitzer, L., Moreno-Simunovic, Y., & Vallarino, J. G. (2020). Non-Targeted Metabolite Profiles and Sensory Properties Elucidate Commonalities and Differences of Wines Made with the Same Variety but Different Cultivar Clones. *Metabolites*, 10(6), 220.
21. Dai, Z. W., Ollat, N., Gomès, E., Decroocq, S., Tandonnet, J. P., Bordenave, L., ... & Vivin, P. (2011). Ecophysiological, genetic, and molecular causes of variation in grape berry weight and composition: a review. *Am. J. Enol. Vitic.*, 62(4), 413-425.
22. De Cortázar-Atauri, I. G., Brisson, N., Ollat, N., Jacquet, O., & Payan, J. C. (2009). Asynchronous dynamics of grapevine (" *Vitis vinifera*") maturation: experimental study for a modelling approach. *OENO One*, 43(2), 83-97.
23. Delgado, R., Martín, P., del Álamo, M., & González, M. R. (2004). Changes in the phenolic composition of grape berries during ripening in relation to vineyard nitrogen and potassium fertilisation rates. *J. Sci. Food Agric.*, 84(7), 623-630.
24. Deluc, L. G., Grimplet, J., Wheatley, M. D., Tillett, R. L., Quilici, D. R., Osborne, C., ... & Cramer, G. R. (2007). Transcriptomic and metabolite analyses of Cabernet Sauvignon grape berry development. *BMC genomics*, 8(1), 429.
25. Deluc, L. G., Quilici, D. R., Decendit, A., Grimplet, J., Wheatley, M. D., Schlauch, K. A., ... & Cramer, G. R. (2009). Water deficit alters differentially metabolic pathways affecting important flavor and quality traits in grape berries of Cabernet Sauvignon and Chardonnay. *BMC genomics*, 10(1), 212.
26. Downey, M. O., Harvey, J. S., & Robinson, S. P. (2004). The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grapes. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 10(1), 55-73.
27. Falchi, M., Bertelli, A., Lo Scalzo, R., Morassut, M., Morelli, R., Das, S., ... & Das, D. K. (2006). Comparison of cardioprotective abilities between the flesh and skin of grapes. *J. Agric. Food Chem.*, 54(18), 6613-6622.
28. Fillion, L., Ageorges, A., Picaud, S., Coutos-Thévenot, P., Lemoine, R., Romieu, C., & Delrot, S. (1999). Cloning and expression of a hexose transporter gene expressed during the ripening of grape berry. *Plant Physiol.*, 120(4), 1083-1094.
29. Friend, A. P., Trought, M. C., & Creasy, G. L. (2009). The influence of seed weight on the development and growth of berries and live green ovaries in *Vitis vinifera* L. cvs. Pinot Noir and Cabernet Sauvignon. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 15(2), 166-174.
30. Gawel, R. R., Ewart, A. J. W., & Ciriaco, R. (2000). Effect of root stock on must and wine composition and the sensory properties of Cabernet Sauvignon grown at Langhorne Creek, South Australia. *Aust. N.Z. Wine Ind.*, 15, 67-73
31. Glories, Y., & Augustin, M. (1993). Phenolic ripeness of grapes, consequences 1991 and 1992. Review Day Symposium Technical. Bordeaux, CIVB: 56-61.
32. Gouthu, S., & Deluc, L. G. (2015). Timing of ripening initiation in grape berries and its relationship to seed content and pericarp auxin levels. *BMC Plant Biol.*, 15(1), 1-16.
33. Gouthu, S., O'Neil, S.T., Di, Y., Ansarolia, M., Megraw, M., & Deluc, L.G. (2014). A comparative study of ripening among berries of the grape cluster reveals an altered transcriptional programme and enhanced ripening rate in delayed berries. *J. Exp. Bot.* 65, 5889–5902.

34. Gray, J. (2002). The basis of variation in the size and composition of grape berries, Department of Horticulture, Viticulture and Oenology Faculty of Agriculture and Natural Resource Sciences, The University of Adelaide, Adelaide Australia. 185.
35. Gray, J. (2006). The basis of variation in the size and composition of Shiraz berries. In R. Hamilton (Ed.), Proceedings ASVO Seminar: 'Finishing the Job' - Optimal Ripening of Cabernet Sauvignon and Shiraz. *Aust J Grape Wine Res.*, 30-35.
36. Guerrini, L., Masella, P., Angeloni, G., Calamai, L., Spinelli, S., Di Blasi, S., & Parenti, A. (2018). Harvest of Sangiovese grapes: the influence of material other than grape and unripe berries on wine quality. *Eur. Food Res. Technol.*, 244(8), 1487-1496.
37. Gutiérrez, G. (2016). Effect of foliar application of different nitrogen sources on the amino acid and glutathione composition of the must in Cabernet Sauvignon vines (*Vitis vinifera* L), Faculty of Agricultural Sciences, University of Talca, Talca, Chile. 35.
38. Heymann, H., LiCalzi, M., Conversano, M. R., Bauer, A., Skogerson, K., & Matthews, M. (2013). Effects of extended grape ripening with or without must and wine alcohol manipulations on Cabernet Sauvignon wine sensory characteristics. *South African J. Enol. Vitic.*, 34(1), 86-99.
39. Holt, H. E., Francis, I. L., Field, J., Herderich, M. J., & Iland, P. G. (2008). Relationships between berry size, berry phenolic composition and wine quality scores for Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) from different pruning treatments and different vintages. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 14(3), 191-202.
40. Iland, P. G., & Coombe, B. G. (1988). Malate, tartrate, potassium, and sodium in flesh and skin of Shiraz grapes during ripening: concentration and compartmentation. *Am. J. Enol. Vitic.*, 39(1), 71-76.
41. Jackson, D. I., and Lombard, P. B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality-a review. *Am. J. Enol. Vitic.*, 44(4), 409-430.
42. Jackson, R. S. (2016). *Wine tasting: a professional handbook*. Academic Press.
43. Jones, G. V., & Davis, R. E. (2000). Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *Am. J. Enol. Vitic.*, 51(3), 249-261.
44. Keller, M. (2010). Managing grapevines to optimise fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 16, 56-69.
45. Keller, M., & Hrazdina, G. (1998). Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison. II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening. *Am. J. Enol. Vitic.*, 49(3), 341-349.
46. Kennedy, J. A. (2008). Grape and wine phenolics: Observations and recent findings. *Cienc. Inv. Agr.*, 35(2), 107-120.
47. 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 Chem.*, 124(3), 767-774.
48. Koundouras, S., Marinos, V., Gkoulioti, A., Kotseridis, Y., & van Leeuwen, C. (2006). Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of nonirrigated cv. Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.). Effects on wine phenolic and aroma components. *J. Agric. Food Chem.*, 54(14), 5077-5086.
49. Kuhn, N., Guan, L., Dai, Z. W., Wu, B. H., Lauvergeat, V., Gomès, E., ... & Delrot, S. (2013). Berry ripening: recently heard through the grapevine. *J. Exp. Bot.*, 65(16), 4543-4559.

50. Lund, S. T., Peng, F. Y., Nayar, T., Reid, K. E., & Schlosser, J. (2008). Gene expression analyses in individual grape (*Vitis vinifera* L.) berries during ripening initiation reveal that pigmentation intensity is a valid indicator of developmental staging within the cluster. *Plant Mol. Biol.*, 68(3), 301-315.
51. Mattivi, F., Zulian, C., Nicolini, G., & Valenti, L. (2002). Wine, biodiversity, technology, and antioxidants. *Ann. New York Acad. Sci.*, 957(1), 37-56.
52. Melo, M. S., Schultz, H. R., Volschenk, C. G., & Hunter, J. J. (2015). Berry size variation of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah: Morphological dimensions, berry composition and wine quality. *South African J. Enol. Vitic.*, 36(1), 1-10.
53. Noronha, H. L. S. D. (2010). The effect of high-temperature on sugar transport in grape cells (Doctoral dissertation).
54. OIV (2009). Compendium of international methods of wine and must analysis. International Organisation of Vine and Wine: Paris, France, 154-196.
55. Pagay, V., Cheng, L. (2010). Variability in berry maturation of Concord and Cabernet franc in a cool climate. *Am. J. Enol. Vitic.* 61, 61–67.
56. Parker, A., Raw, V., Martin, D., Haycock, S., Sherman, E., & Trought, M. C. (2016). Reduced grapevine canopy size post-flowering via mechanical trimming alters ripening and yield of Pinot noir. *Vitis* 55, 1–9.
57. Parr, W.V., Green, J.A., White, K.G. and Sherlock, R.R. (2007) The distinctive flavour of New Zealand Sauvignon blanc: sensory characterisation by wine professionals. **Food Qual. Prefer.**, 18, 849–861.
58. Pérez-Álvarez, E. P., Martínez-Vidaurre, J. M., Martín, I., García-Escudero, E., & Peregrina, F. (2013). Relationships among soil nitrate nitrogen and nitrogen nutritional status, yield components, and must quality in semi-arid vineyards from Rioja AOC, Spain. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, 44(1-4), 232-242.
59. Petrie, P.R., Clingeleffer, P.R. (2006). (2006). Crop thinning (hand versus mechanical), grape maturity and anthocyanin concentration: outcomes from irrigated Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) in a warm climate. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 12(1), 21-29.
60. Pineau, B., Grose, C., Beresford, M., Sherman, E., Raw, V., Parker, A.K., Wohlers, M.W., Trought, M.C.T. (2017). Influence of grapevine canopy trimming and maturity variability within fruit population on the sensory properties of Pinot noir wine. *Vitis J. Grapevine Res.* 56, 1–10.
61. Poni, S., Gatti, M., Palliotti, A., Dai, Z., Duchêne, E., Truong, T. T., ... & Mencarelli, F. (2018). Grapevine quality: A multiple choice issue. *Sci. Hortic.*, 234, 445-462.
62. Rankine, B., Fornachon, J., Boehm, E., & Cellier, K. (1971). Influence of grape variety, climate and soil on grape composition and on the composition and quality of table wines.
63. Rebucci, B., Poni, S., Intrieri, C., Magnanini, E., & Lakso, A. N. (1997). Effects of manipulated grape berry transpiration on post-veraison sugar accumulation. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 3(2), 57-65.
64. Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (Eds.). (2006). Handbook of enology, Volume 1: The microbiology of wine and vinifications (Vol. 1). John Wiley & Sons.
65. Robinson, S. P., & DAVIES, C. (2000). Molecular biology of grape berry ripening. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 6(2), 175-188.
66. Roujou de Boubée, D., Van Leeuwen, C., & Dubourdieu, D. (2000). Organoleptic impact of 2-methoxy-3-isobutylpyrazine on red Bordeaux and Loire wines. Effect of environmental conditions on concentrations in grapes during ripening. *J. Agric. Food Chem.* 48(10), 4830-4834.

67. Rolle, L., Torchio, F., Giacosa, S., & Segade, S. R. (2015). Berry density and size as factors related to the physicochemical characteristics of Muscat Hamburg table grapes (*Vitis vinifera* L.). *Food Chem.*, 173, 105-113.
68. Ruan, Y. L., Patrick, J. W., Bouzayen, M., Osorio, S., & Fernie, A. R. (2012). Molecular regulation of seed and fruit set. *Trends Plant Sci.*, 17(11), 656-665.
69. Selvaraj, Y., Pal, D. K., Singh, R., & Roy, T. K. (1994). Biochemistry Of Uneven Ripening In Gulabi Grape 1. *J. Food Biochem.*, 18(5), 325-340.
70. Spayd, S. E., 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. *Am. J. Enol. Vitic.*, 53(3), 171-182.
71. Serrano, A. 2014. Glucose participation in the ripening process of the *Vitis vinifera* fruit, through the regulation of anthocyanin biosynthesis and the polar transport of auxin. Biological Sciences Faculty. Pontifical Catholic University of Chile. 116.
72. Šuklje, K., Lisjak, K., Baša Česnik, H., Janeš, L., Du Toit, W., Coetzee, Z., ... & Deloire, A. (2012). Classification of grape berries according to diameter and total soluble solids to study the effect of light and temperature on methoxypyrazine, glutathione, and hydroxycinnamate evolution during ripening of Sauvignon blanc (*Vitis vinifera* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 60(37), 9454-9461.
73. Tardáguila, J., & de Toda, F. M. (2008). Assessment of tempranillo grapes quality in the vineyard by vitur score-sheet. *OENO One*, 42(1), 59-65.
74. Trought, M. C. T., Tannock, S. J. C., & Harkness, E. M. (1996). Berry size and soluble solids variation within a bunch of grapes. In *Proceedings for the Fourth International Symposium on Cool Climate Enology and Viticulture*. T. Henick-Kling et al.(eds.), pp. V70–V74. New York State Agricultural Experiment Station, Geneva.
75. Trought, M. C., Naylor, A. P., & Frampton, C. (2017). Effect of row orientation, trellis type, shoot and bunch position on the variability of Sauvignon Blanc (*Vitis vinifera* L.) juice composition. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 23(2), 240-250.
76. Vega, A., Gutiérrez, R. A., Pena-Neira, A., Cramer, G. R., & Arce-Johnson, P. (2011). Compatible GLRaV-3 viral infections affect berry ripening decreasing sugar accumulation and anthocyanin biosynthesis in *Vitis vinifera*. *Plant. Mol. Biol.*, 77(3), 261.
77. Vondras, A., Tomasino, E., & Deluc, L., 2013. Merlot variability at harvest affects wine composition.1–3.
78. Vondras, A. M., Gouthu, S., Schmidt, J. A., Petersen, A. R., & Deluc, L. G. (2016). The contribution of flowering time and seed content to uneven ripening initiation among fruits within *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir clusters. *Planta*, 243(5), 1191-1202.
79. Xie, S., Tang, Y., Wang, P., Song, C., Duan, B., Zhang, Z., & Meng, J. (2018). Influence of natural variation in berry size on the volatile profiles of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot and Cabernet Gernischt grapes. *PloS. one.*, 13(9), e0201374.
80. Zhang, X., Luo, G., Wang, R., Wang, J., & Himelrick, D. G. (2003). Growth and developmental responses of seeded and seedless grape berries to shoot girdling. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 128(3), 316-323.
81. Ziliotto, F., Corso, M., Rizzini, F. M., Rasori, A., Botton, A., & Bonghi, C. (2012). Grape berry ripening delay induced by a pre-véraison NAA treatment is paralleled by a shift in the expression pattern of auxin-and ethylene-related genes. *BMC Plant Biol.*, 12(1), 1-15.
82. Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. C., & Gump, B. H. (2010). Practical methods of measuring grape quality. In *Managing wine quality* (pp. 107-133). Woodhead Publishing.

