



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**CARACTERIZACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES Y ACIDEZ DE UVAS
(*Vitis vinifera* L.) CV. CARMENERE, Y SU RELACIÓN CON VARIABLES CLIMÁTICAS
EN CINCO TEMPORADAS DE CULTIVO (2015-2019)**

MEMORIA DE TÍTULO

FELIPE ALBORNOZ CÁCERES

TALCA – CHILE

2022

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, 2022



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**CARACTERIZACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES Y ACIDEZ DE UVAS
(*Vitis vinifera* L.) CV. CARMENERE, Y SU RELACIÓN CON VARIABLES CLIMÁTICAS
EN CINCO TEMPORADAS DE CULTIVO (2015-2019)**

Por

FELIPE ALBORNOZ CÁCERES

MEMORIA DE TÍTULO

Presentada a la

Universidad de Talca como

Parte de los requisitos para optar al título de

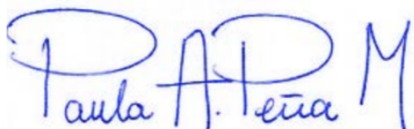
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBACIÓN



Profesor Guía:

Felipe Laurie Gleisner
Ing. Agr., M.S., Ph. D.
Facultad de ciencias Agrarias
Universidad de Talca



Profesora co-guía:

Paula Peña Martínez
Ing. en Alimentos. Estudiante de Doctorado, Ph.D.(c)
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca

Fecha de presentación de Defensa de Memoria: 26 de septiembre de 2022

RESUMEN

En este estudio se caracterizó el contenido de sólidos solubles y acidez de uvas var. Carmenere en dos estados fenológicos de madurez, y su relación con variables climáticas, durante cinco temporadas de cultivo (2015-2019).

Las mediciones de sólidos solubles, pH y acidez titulable fueron realizadas mediante refractometría, potenciometría, y titulación ácido-base tradicionales, utilizando el jugo de bayas colectadas al azar, sobre tres hileras de un viñedo de la variedad Carmenere, de Viña Santa Carolina, en la localidad de Totihue, Región O'Higgins, Chile. Por su parte, los datos climáticos fueron obtenidos a través de la plataforma virtual de la Red Agroclimática Nacional (AGROMET) tomando como variable las temperaturas mínimas, temperaturas máximas, precipitaciones y grados días acumulados por temporada.

Los resultados de los análisis estadísticos para sólidos solubles, pH, y acidez titulable indicaron diferencias entre las temporadas evaluadas, de igual forma existió una incidencia de las variables climáticas en las temporadas. Es por esto que resulta importante evaluar y considerar los cambios eventuales en la fenología de la vid, ya que es muy probable que dichos cambios se vean reflejados en la calidad y caracterización de los vinos.

ABSTRACT

In this study, the content of soluble solids and acidity of grapes of the variety Carmenere, in two phenological stages of maturity, and the relationship they presented with climatic variables, was evaluated in five growing seasons (2015-2019).

The measurements of soluble solids, pH and titratable acidity were carried out by means of refractometry, potentiometry, and traditional acid-base titration, using the juice of berries collected at random, on three rows of a vineyard of the Carmenere variety, of Viña Santa Carolina, in Totihue, O'Higgins Region, Chile. The climatic data were obtained through the virtual platform of the Red Agroclimática Nacional (AGROMET) taking as variable the minimum temperatures, maximum temperatures, precipitation and accumulated degree days per season.

The results of the statistical analyzes for soluble solids, pH, and titratable acidity indicated differences between the seasons evaluated, in the same way there was an incidence of climatic variables in the different seasons. This is why it is important to evaluate and consider eventual changes in the phenology of the vine, since it is very likely that these changes will be reflected in the quality and characterization of the wines.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis	2
1.2 Objetivo general	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 La importancia de la vid y el vino en Chile.....	3
2.2 Variedad Carmenere	3
2.3 Fenología de la vid	3
2.4 Cambios de composición química asociados a las condiciones climáticas.....	4
2.4.1 Exposición a altas temperaturas.....	4
2.4.2 Efectos asociados a bajas temperaturas.....	4
2.4.3 Precipitaciones	5
2.5 Composición química de las uvas.....	5
2.5.1 Sólidos solubles (Grados Brix).....	5
2.5.2 pH	6
2.5.3 Ácidos orgánicos.....	6
2.5.4 Compuestos fenólicos	6
III. METODOLOGÍA Y MATERIALES	8
3.1 Ubicación	8
3.2 Materiales	8
3.3 Datos climáticos y variables muestreadas.....	9
3.4 Análisis estadístico	9
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4.1 Sólidos solubles	11
4.3 pH.....	12
4.4 Acidez titulable	13
4.5 Variables climáticas.....	14
4.5.1 Temperaturas mínimas.....	14
4.5.2 Temperaturas máximas.....	15
4.5.4 Grados días acumulados (GDA).....	18

V. CONCLUSIÓN	20
VI. CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

Índice de cuadros

Tabla 1. Estados fenológicos evaluados	8
Tabla 2. Evaluación de sólidos solubles	11
Tabla 3. Evaluación de acidez (pH)	12
Tabla 4. Evaluación de acidez titulable	13

Índice de figuras

Figura 1. Temperaturas mínimas	14
Figura 2. Temperaturas máximas	15
Figura 3. Precipitaciones	17
Figura 4. Grados días acumulados	18

I. INTRODUCCIÓN

Las variadas características geográficas de Chile, en sus más de cuatro mil trecientos kilómetros de extensión, lo hacen un país rico en diversidad edafoclimática, y con regiones particularmente atractivas para el cultivo de la vid (*Vitis vinífera L.*). La superficie de viñedos para vinificación supera las 136.000 hectáreas, principalmente concentradas en las regiones del Maule y O'Higgins, lo que da como resultado la producción de alrededor de 1.200 millones de litros, de los cuales 444 millones de litros son exportados, posicionando a nuestro país como el cuarto exportador de vinos a nivel mundial (ODEPA, 2021). Por su parte, los cultivares de uvas más producidos en Chile son el Cabernet Sauvignon, Sauvignon blanc, Merlot, Chardonnay, y Carmenere, este último representa un 8% del total nacional (ODEPA, 2020). Dentro de estos, el cv. Carmenere cuenta con un reconocimiento especial, pues nuestro país es uno de los principales productores mundiales de vinos de esta variedad.

Carmenere es una variedad tardía, que requiere de tiempo para madurar y lograr un adecuado equilibrio organoléptico, donde no predominen los aromas herbáceos. Se trata de un cultivar exigente en cuanto a condiciones climáticas y geológicas específicas, requiriendo de un buen equilibrio térmico y condiciones edáficas (Smolec, 2015). Lo antes mencionado es refrendado por Ortega *et al.* (2000), quienes proponen lograr a través de modelos agroclimáticos la relación de las distintas etapas fenológicas de la vid y evolución de madurez con la sumatoria térmica o grados días.

Según los estudios realizados a nivel nacional, se prevé que hacia 2050 no solo se vivirá en un país más caluroso, menos lluvioso, más propenso a tormentas y con más días nublados (Acevedo, 2013); sino que se producirán modificaciones al paisaje debido a la menor disponibilidad de agua y el avance de las zonas áridas, trasladando los cultivos desde la zona central hacia el sur (ODEPA, 2013).

El clima y variables como la temperatura, pluviometría, luz, radiación solar, diferencias de temperaturas entre el día y la noche inciden en el desarrollo, fenología y rendimientos de un viñedo, así como en la composición química de sus bayas, aspectos muy importantes para la obtención de vinos de calidad (Martínez, 2016), pues repercuten sobre las características organolépticas de uvas y vinos (López, 1993).

En el presente estudio se compara el contenido de sólidos solubles y acidez de uvas cv. Carmenere, en cinco temporadas de cultivo (2015-2019), y su relación con variables climáticas como temperatura y pluviometría.

1.1 Hipótesis

Las variaciones climáticas observadas en el período de madurez de las uvas permiten explicar diferencias de composición al momento de la cosecha.

1.2 Objetivo general

Comparar la composición química de uvas del cv. Carmenere, durante su maduración, en cinco temporadas sucesivas (2015-2019), y describir su relación con información climática de dichas temporadas.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 La importancia de la vid y el vino en Chile

En Chile existe una superficie total de 136.288 hectáreas de *Vitis vinífera L.* y entre la región de O'Higgins y el Maule se concentra alrededor del 72% del total nacional. Por otra parte, Chile produce más de 1200 litros de vino, lo que lo ha posicionado como el primer exportador del nuevo mundo y cuarto exportador a nivel mundial (ODEPA, 2019). Lo anterior da cuenta de la importancia de este cultivo para el sector agroindustrial de Chile, y de la relevancia de estudiar variables que pudieran afectarlo.

2.2 Variedad Carmenere

Carmenere es una variedad tinta de vid, originaria de Burdeos, la cual fue exclusivamente cultivada en la región de Medoc hasta que la crisis de la filoxera en 1867 provocó una drástica disminución en la superficie cultiva dando como resultado su virtual desaparición (González, 2013). Posterior a ello, en 1994, se descubrió que en nuestro país existían viñedos que correspondían a Carmenere, y a partir de entonces se desarrolló una importante labor, tanto enológica como en investigación, para realzarla como variedad emblemática de Chile (Pszczólkowski, 2004).

Según el catastro realizado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la variedad Carmenere cuenta con más de 10.250 hectáreas distribuidas principalmente en las regiones de O'Higgins y el Maule (ODEPA, 2020).

2.3 Fenología de la vid

La fenología comprende el desarrollo, diferenciación e iniciación de órganos o estructuras y se refiere al estudio de fenómenos biológicos vinculados a ciertos ritmos periódicos tales como la brotación, floración, entre otros y relacionarlos con el medio ambiente en que ocurren (Hodges, 1991; Mullins *et al.*, 1992).

Durante el desarrollo de la vid, la descripción e identificación de distintos estados fenológicos es de suma importancia en la aplicación de prácticas como las labores de control de insectos y patógenos (Mullins *et al.*, 1992; Ortega *et al.*, 2000). Al determinar la ocurrencia de distintos estados fenológicos es más fácil la coordinación de las labores que se deben realizar en el viñedo tales como las aplicaciones de agroquímicos, programación de riego, manejos culturales y coordinación de cosecha (Wilson y Barnett, 1983; Ortega *et al.*, 2000).

2.4 Cambios de composición química asociados a las condiciones climáticas

2.4.1 Exposición a altas temperaturas

Las temperaturas por sobre los 30 grados Celsius (°C), producen cambios en el metabolismo de las vides; los que, por ejemplo, resultan en un aumento de la concentración de sólidos hasta niveles por sobre los 24-25° Brix. Lo anterior, no necesariamente se debe a modificaciones en la tasa fotosintética o al transporte de azúcares, sino que al aumento de la concentración por evaporación del agua de la baya (Keller, 2010).

De igual forma, las temperaturas altas generan la disminución de antocianos (Tarara *et al.*, 2008), y en climas cálidos se pueden alcanzar temperaturas que inhiben su formación generando una reducción del color de la uva (Downey *et al.*, 2006).

2.4.2 Efectos asociados a bajas temperaturas

La vid es un cultivo sensible a heladas (Martínez, 2016). En nuestro país, los principales daños causados por heladas ocurren durante brotación dado que las temperaturas de invierno en las zonas de producción de Chile no son lo suficientemente bajas para provocar daños en las vides en periodos de receso. Debido al cambio climático ha habido un considerable aumento en el número de eventos climáticos extremos, como heladas primaverales, que afectan directamente la productividad de los viñedos (Reyes *et al.*, 2019).

2.4.3 Precipitaciones

La vid es una planta relativamente resistente al estrés hídrico, con necesidades variables, y que habitualmente son satisfechas mediante agua de riego. En el caso de las lluvias, se vuelve más relevante el reparto de las mismas a través del ciclo vegetativo, que la cantidad total anual (Martínez, 2016).

En cuanto a las precipitaciones, se proyecta una disminución del 5% al 15% para el año 2030 entre los ríos Copiapó y Aysén. Sumando a esto el aumento en eventos de sequía, precipitaciones con altas temperaturas, noches calientes y días con temperaturas extremas suponen un cambio de paradigma en las formas y zonas de producción de vides (Salazar *et al.*, 2020).

En Chile central, el calor de verano y la casi total ausencia de lluvia en otoño resultan ideales para el desarrollo y la sanidad de la variedad Carmenere (Concha y Toro, 2012), siempre y cuando los requerimientos hídricos sean cubiertos por agua de riego, cuya disponibilidad también está en riesgo producto de los efectos del cambio climático (Bascopé, 2013).

2.5 Composición química de las uvas

2.5.1 Sólidos solubles (Grados Brix)

La medida de los sólidos solubles totales es una indicación aproximada del contenido de azúcares presentes en la baya, ya que los azúcares representan del 90 al 94% de los sólidos solubles totales de uva madura (Ramírez, 2010). El azúcar que se encuentra presente en las bayas en el momento de cosecha será fundamental en las características sensoriales y capacidad de envejecimiento del vino, por cuanto determina el porcentaje de alcohol a obtener durante la fermentación del mosto, y corresponden a la principal fuente de energía de *Saccharomyces cerevisiae*, principal levadura utilizada durante fermentación (Jackson, 2014).

En cuanto a los aromas del Carmenere, generalmente domina un cierto carácter herbáceo, particularmente en uvas cosechadas con menos de 23 por ciento de sólidos solubles o maduradas en microclimas sombríos, debidos a emboscamiento de su follaje y la acumulación de pirazinas (Pszczółkowski y Henríquez, 2002; Belancic *et al.*, 2003, Pszczółkowski, 2004).

2.5.2 pH

El pH es uno de las principales variables de la estabilidad biológica de un vino o mosto, permitiendo seleccionar las especies que participan en la microbiota de las uvas y vinos (Wibowo *et al.*, 1985). Asimismo, el pH determina los equilibrios químicos y estabilidad de una serie de constituyentes que influyen sobre la calidad final del producto (Santamaria *et al.*, 2004).

El cultivar Carmenere presenta vinos de baja acidez, que se acentúa con la sobre madurez y consecuentemente resultan en un alto pH, caracterizándolo como vinos de un alto matiz (color con matices cafés), bajo potencial de guarda, y una mayor predisposición al desarrollo de levaduras nocivas como *Brettanomyces* sp. (Pszczólkowski, 2004)

2.5.3 Ácidos orgánicos

El ácido málico es muy abundante en el mundo vegetal y predomina en la mayor parte de las frutas. La cantidad presente es elevada en uvas inmaduras y disminuye durante el proceso de madurez siendo metabolizado por respiración (Catania, 2007).

Durante el proceso de fermentación maloláctica se produce la degradación total del ácido málico en ácido láctico y la liberación de CO₂, produciendo una disminución de la acidez de los vinos, y un aumento de pH aumenta (Lonvaud, 2002).

Por otra parte, el ácido tartárico es uno de los ácidos más abundantes en el vino con cerca del 25-30% del total. El ácido tartárico es más estable durante la maduración que el ácido málico (Castro, 2017). Diakou (1997) evidencia que la concentración de este ácido comienza a disminuir desde envero alcanzando valores menores a 5 g/L.

2.5.4 Compuestos fenólicos

Químicamente los compuestos fenólicos son sustancias compuestas por uno o más anillos aromáticos y al menos un grupo hidroxilo. Existen dos grupos de compuestos fenólicos, los flavonoides y los no flavonoides, y la principal diferencia entre ambos grupos es que los no flavonoides tienen un único anillo bencénico, mientras que los flavonoides tienen dos o más (Gomez, 2020). En el grupo de los no flavonoides se encuentran los ácidos fenólicos, que están presente en pieles, pulpas, escobajo y semillas (Ojeda, 2007). En el grupo de los

flavonoides se encuentran los antocianos, presentes en pieles y en algunos casos en la pulpa, los flavanoles dentro de los que destacan los taninos condensados están ubicados en piles y semillas, y por último los flavonoles que se presentan en las pieles (Ojeda, 2007).

III. METODOLOGÍA Y MATERIALES

3.1 Ubicación

Los datos fueron obtenidos a partir de muestras de uvas del viñedo denominado “Bloque Herencia” de Viña Santa Carolina, localizado en Totihue, en la Región de O’Higgins, Chile (Ubicación geográfica del predio: 34°20'06.9"S 70°47'54.3"W).

3.2 Materiales

En este estudio se analizaron datos de composición química de uvas del cultivar Carmenere provenientes de un viñedo de siete años, el cual presenta riego por goteo. El muestreo de racimos se realizó sobre tres hileras representativas, tanto en pinta como en cosecha, registrando grados Brix (°Brix), pH y acidez titulable.

Para efectos de este estudio se utilizaron los estados fenológicos 37 y 38, correspondientes al sistema propuesto por Eichhorn y Lorenz modificado por Combee (1995) y descrito por Ortega (2000) para determinar las etapas de crecimiento de la vid:

Tabla 1. Estados fenológicos evaluados.

Estado Fenológico	Madurez de la baya
37	“Aún no madura”
38	“En madurez de cosecha”

La medición de sólidos solubles fue realizada mediante el uso un refractómetro manual (REFRATEC®), expresando los valores en °Brix (Zarricueta, 2015), y utilizando una muestra de 10 bayas recogidas al azar desde 3 hileras de aproximadamente 50 m de largo. Las bayas son aplastadas utilizando un mortero y luego de homogeneizar la muestra se realizan las lecturas de °Brix depositando 1 a 2 gotas sobre la superficie del prisma.

Para la medición de pH, se utiliza el jugo extraído a través de 10 bayas elegidas al azar, midiendo con un potenciómetro calibrado con soluciones de pH 3,0 y 4,0, donde se diluye 10 mL de jugo en 90 mL de agua destilada. Esta solución es llevada a un agitador magnético

utilizando un imán dentro de un vaso precipitado. Se debe girar la muestra y se medir, registrando un valor estabilizado. Luego de cada muestra se debe limpiar el electrodo con agua destilada (Castro, 2017).

La acidez titulable es medida según Zarricueta (2015), mediante la extracción de jugos de 10 bayas que son analizados con el método de titulación con hidróxido de sodio 0,1N hasta lograr la neutralización de los ácidos orgánicos a pH de 8,2 a 8,3. Posteriormente, los gastos de NaOH fueron transformados y expresados en porcentaje de ácido tartárico en 10 mL de jugo según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido tartárico} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{Normalidad} \times \text{peso de 1 meq de ácido} \times 100}{\text{Cantidad de jugo (mL o g)}}$$

3.3 Datos climáticos y variables muestreadas

Los datos climáticos fueron obtenidos desde la base de datos web de la Red Agroclimática Nacional (AGROMET) desde los años 2015 al 2019. El proceso se realizó mediante la descarga de un archivo de Excel trimestral con reportes e intervalos de una hora, los archivos contenían temperaturas máximas, mínima, precipitación y grados días, los cuales fueron procesados desde septiembre a abril para cada una de las temporadas.

Las muestras de fruta para los análisis realizados entre los años 2015 y 2019 se obtuvieron cuando las bayas se encontraban en los estados fenológicos indicados, utilizando tres repeticiones, de las cuales se obtuvo un promedio y se calculó la desviación estándar en base a los datos obtenidos.

3.4 Análisis estadístico

Los datos se analizaron en el *software* estadístico *R Commander*. Inicialmente se realizaron pruebas de normalidad mediante el Test de Shapiro Wilk y también pruebas de homocedistidad mediante Test de Levene, como supuestos para posterior comparar ambos estados fenológicos a través de los años con ANDEVA de una vía. Los datos fueron analizados por estados fenológicos con el tiempo en años como variable independiente y separados según variables.

Se trabajó con un nivel de confianza del 95 por ciento y se realizaron pruebas de comparación múltiple de Tukey cuando existieron diferencias estadísticas significativas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Sólidos solubles

Se realizó un seguimiento de los sólidos solubles en dos estados fenológicos correspondientes a las denominadas “bayas aun no maduras” (estado fenológico 37), evaluado en el mes de febrero, y “bayas en madurez de cosecha” (estado fenológico 38), evaluado en los meses de marzo o abril, en 5 temporadas (Cuadro 2). Los resultados observados presentan un incremento promedio de 3,99 ° Brix entre los estados fenológicos 37 y 38, observándose las mayores diferencias porcentuales en los años 2017 y 2019, con 10,1% y 32,09% de aumento entre un estado y otro, respectivamente.

Tabla 2. Contenido de sólidos solubles (°Brix) en uvas var. Carmenere en estado fenológico 37 (bayas aun no maduras) y 38 (bayas en madurez de cosecha), en cinco temporadas (2015-2019).

Año	°Brix/Estado inmaduro	°Brix/ Estado maduro
2015	20,73 ± 0,64 b	23,46 ± 0,50 bc
2016	18,23 ± 0,85 ab	23,63 ± 0,97 bc
2017	19,1 ± 0,53 b	21,26 ± 1,05 a
2018	19,7 ± 0,06 b	21,73 ± 0,67 ab
2019	16,23 ± 1,76 a	23,9 ± 0,10 c

*Letras diferentes, en cada columna, indican diferencias significativas según la prueba de Tukey.

En el estado fenológico número 37, el año que presentó fruta con mayor concentración de azúcares fue el 2015 con 20,73 °Brix, y el que presentó menor concentración fue el año 2019 con 16,23 °Brix. Es de importancia medir la concentración de azúcares en sus estados fenológicos previos a la maduración de cosecha, debido a que la fruta se caracteriza por aumentar en su fase final de maduración (Retamales y Defilippi, 2000).

En el caso del estado fenológico 38, la máxima diferencia fue entre los años 2017 y 2019, los cuales presentaron concentraciones de sólidos solubles de 21,26 y 23,9 °Brix, respectivamente. Ortega-Farías y Lozano (2000), en un estudio realizado en el desarrollo de modelos predictivos de fenología y evolución de uvas cv. Cabernet Sauvignon, reportaron que el contenido de azúcar promedio, expresado en °Brix fue de 22; similar a lo

obtenido en este estudio, en el cual a través de los años se obtuvo un promedio de 22,7 °Brix.

Al comparar los resultados entre diferentes temporadas se observaron diferencias en el contenido de sólidos solubles, y en ambos estados fenológicos. La mayor diferencia entre estados fenológicos se desarrolló en los años 2016 y 2018, siendo el 2016 el año que presentó mayor cantidad de temperaturas mínimas en los meses de febrero y marzo (Cuadro 2 y Figura 1).

4.3 pH

En cuanto al pH, se puede observar diferencias estadísticamente significativas en los estados fenológicos evaluados y también entre las temporadas, con valores promedios similares a un estudio anterior realizado con uvas de la variedad Carmenere (Cáceres 2005), para el estado de madurez de cosecha.

Tabla 3. Medición de acidez real, pH, en uvas var. Carmenere en los estados fenológicos 37 y 38, para cinco temporadas (2015-2019)

Año	pH/ Estado inmaduro	pH/ Estado maduro
2015	3,5 ± 0,11 b	3,67 ± 0,10 b
2016	3,08 ± 0,08 a	3,6 ± 0,06 ab
2017	3,25 ± 0,05 ab	3,36 ± 0,11 a
2018	3,19 ± 0,01 ab	3,42 ± 0,18 ab
2019	3,22 ± 0,27 ab	3,58 ± 0,10 ab

*Letras diferentes, en cada columna, indican diferencias significativas según la prueba de Tukey.

Dentro de los años evaluados, el estado fenológico inmaduro (37) presentó valores mínimos de pH en el año 2016 y el valor superior en el año 2015. A diferencia de lo anterior, en el estado de madurez de cosecha, el valor más bajo se obtuvo en el año 2017 y el superior en 2015, pudiendo deducir que el año 2015 tuvo una mayor acumulación de azúcares, y posiblemente puede ser un factor de por qué su acidez real fue menor.

El aumento gradual del pH durante el proceso de maduración refleja la formación de sales ácidas a expensas del ácido libre, relación que está influida por la exposición a radiación

efectiva durante maduración (Hidalgo, 2002). Se puede corroborar mediante datos climáticos (Figura 1) que los años 2016 y 2017 presentaron las temperaturas mínimas. El año 2016 presentó temperaturas mínimas promedio de 9,4 °C entre los meses de diciembre a febrero correspondiente al estado fenológico sin madurez de cosecha (37), mientras que el año 2017 presentó temperaturas mínimas promedio en los meses de febrero y marzo de 10,6 °C cuando ya se encontraba en madurez de cosecha (38). Lo anterior, posiblemente determinó que la maduración de la baya tenga mayor acidez, Santamaria *et al* (2004) indica que una mayor acidez da lugar a vinos con mayor intensidad de color y con pocas diferencias en la composición aromática y en la calidad organoléptica.

4.4 Acidez titulable

En el presente estudio la acidez titulable presentó una caída de un estado fenológico a otro en los cinco años evaluados, probablemente derivado de la respiración parcial del ácido málico, lo que determina la disminución de la acidez de la baya.

Tabla 4. Acidez titulable, expresado en ácido tartárico (g/100 mL) entre estado fenológico 37 y 38 en uvas var. Carmenere, durante cinco temporadas (2015-2019)

Año	Acidez titulable/Estado inmaduro	Acidez titulable/ Estado maduro
2015	2,96 ± 0,35 a	2,14 ± 0,50 a
2016	4,97 ± 0,48 bc	3,65 ± 0,34 ab
2017	4,04 ± 0,59 ab	3,25 ± 0,20 ab
2018	4,52 ± 0,20 bc	4,06 ± 0,07 b
2019	5,68 ± 0,65 c	3,96 ± 1,31 b

*Letras diferentes, en cada columna, indican diferencias significativas según la prueba de Tukey.

La mayor diferencia observada en el estado inmaduro fue entre los años 2015 y 2019. Para el estado en madurez de cosecha se observó que entre los años 2015 y 2018 se presentó la mayor diferencia, siendo el 2018 el año con más acidez titulable. Desde la perspectiva climática, el 2018 se diferenció de los demás años debido a que presentó lluvias que alcanzaron los 17 mm en el mes de marzo (Figura 3), lo que probablemente redundó en un daño en la calidad ya que se diluyen los azúcares y ácidos además de romper el balance aromático (Camacho, 2018).

En las distintas temporadas, y como era de esperarse, la acidez titulable disminuyó al pasar de un estado fenológico a otro, esto en función del crecimiento y la concentración de azúcares en la baya. Lo anterior puede ser explicado por la degradación y disminución del ácido málico en la madurez (Chervin 2002; Ford 2012) y también por el aumento de temperatura gradual expresadas en los meses de febrero, marzo y abril descritos en temperaturas máximas promedios por temporada.

4.5 Variables climáticas

En el presente estudio se realizó un análisis comparativo correspondiente a las variables climáticas como uno de los principales factores para el buen desarrollo y composición de bayas, y que permita evaluar el desarrollo fenológico y organoléptico que la baya presenta a través del tiempo de maduración.

4.5.1 Temperaturas mínimas

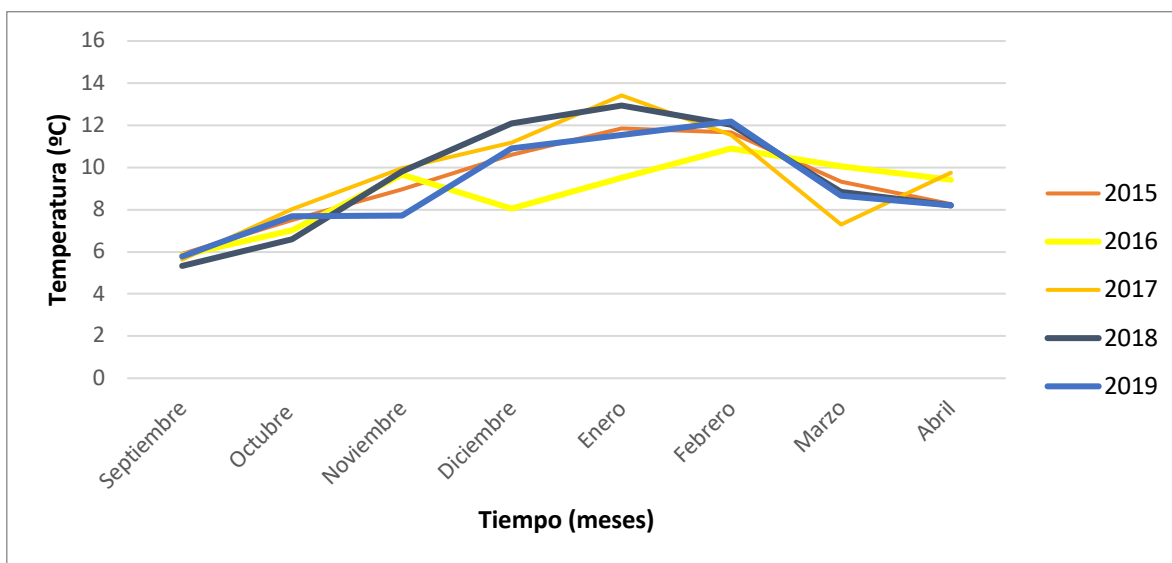


Figura 1. Promedio de temperaturas mínimas en grados Celsius registrado desde septiembre a abril entre 2015 y 2019.

La Figura 1 presenta las temperaturas mínimas evaluados en las temporadas 2015, 2016, 2017, 2018, 2019. En septiembre, octubre y noviembre presentaron un comportamiento similar con un rango de temperaturas mínimas de 5,6 y 9,3 °C, con diferencias no mayores a 2 °C entre los años 2015 y 2019 por mes. El año 2016, se observaron valores de temperaturas más bajas con una diferencia del 27,9% en el mes de diciembre y del 23,4% en enero respecto de los demás años.

La vid, si bien es sensible a heladas primaverales, granizadas primaverales y de verano y también a temperaturas bajas pudiendo afectar el adecuado crecimiento y desarrollo de flores y frutos. Cuando las temperaturas mínimas bordean los -2 °C después de brotación, suele haber una destrucción totalmente de la cosecha (de Cara, 2004).

4.5.2 Temperaturas máximas

Se realizó un seguimiento de las temperaturas máximas en las cinco temporadas evaluadas desde el mes de septiembre a abril.

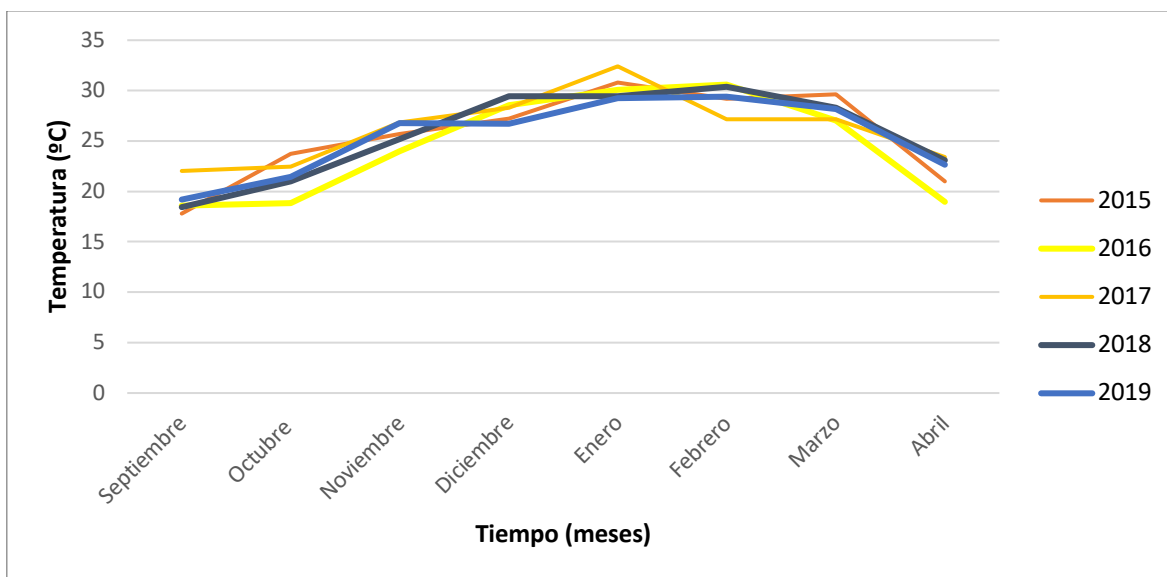


Figura 2. Promedio de temperaturas máximas en °C, evaluado en meses desde septiembre a abril entre 2015 y 2019.

En el año 2017 fue considerado uno de los años más calurosos de los últimos tiempos. En la figura 2 se puede observar la máxima temperatura en el mes de enero de 32 °C lo cual es importante debido a que, en la fase final de maduración, la temperatura juega un rol primordial en la actividad metabólica de la planta. A medida que aumenta la temperatura se

incrementa el metabolismo de la planta y esto conlleva a una mayor tasa de crecimiento y, por ende, a un ciclo de crecimiento menos prolongado (Pouget, 1961; Marchant, 2010).

En septiembre, la temperatura superior registrada fue en el año 2017, llegando a máximas de 22 °C y la inferior fue el año 2015 con 17,8 °C, situación similar a la vivida en el mes de octubre entre los años 2015 y 2016 respectivamente. Estos meses, si bien no se vinculan directamente a la acumulación de azúcares, pero son cruciales para el crecimiento radicular de la planta. Según Loubser y Meyer (1987), Van Zyl (1988) y Sánchez (2006), la vid presenta tres “peaks” de crecimiento, uno justo después de la ruptura de yemas, otro en floración y un último después de cosecha.

El aumento de temperatura suele ser alarmante para la viticultura, debido a que incide en la fisiología de la vid pudiendo ser un factor determinante de los rendimientos y calidad de la fruta. En un informe realizado por el INIA (2020), se indica que las temperaturas del 2016-2017 produjeron bayas y racimos de menor tamaño, causando la disminución de la producción, trayendo como consecuencia un alza en los costos para los productores.

El efecto de las temperaturas seguirá siendo crucial sobre la composición fenólica, siendo un factor determinante en la maduración. Se recomiendan técnicas de manejo agronómico que pueden contrarrestar los efectos de la temperatura, como por ejemplo la poda mínima, poda de floración y una técnica que ha aportado resultados positivos, la Poda Tardía de Invierno que consiste en llevarse a cabo después de la brotación logrando retrasar la maduración sin afectar productividad y calidad de las bayas (Salazar et al., 2020).

4.5.3 Precipitaciones

Los años que presentaron mayor cantidad de milímetros de agua caída fueron la 2016 con 131 milímetros y el año 2015 con 91 milímetros.

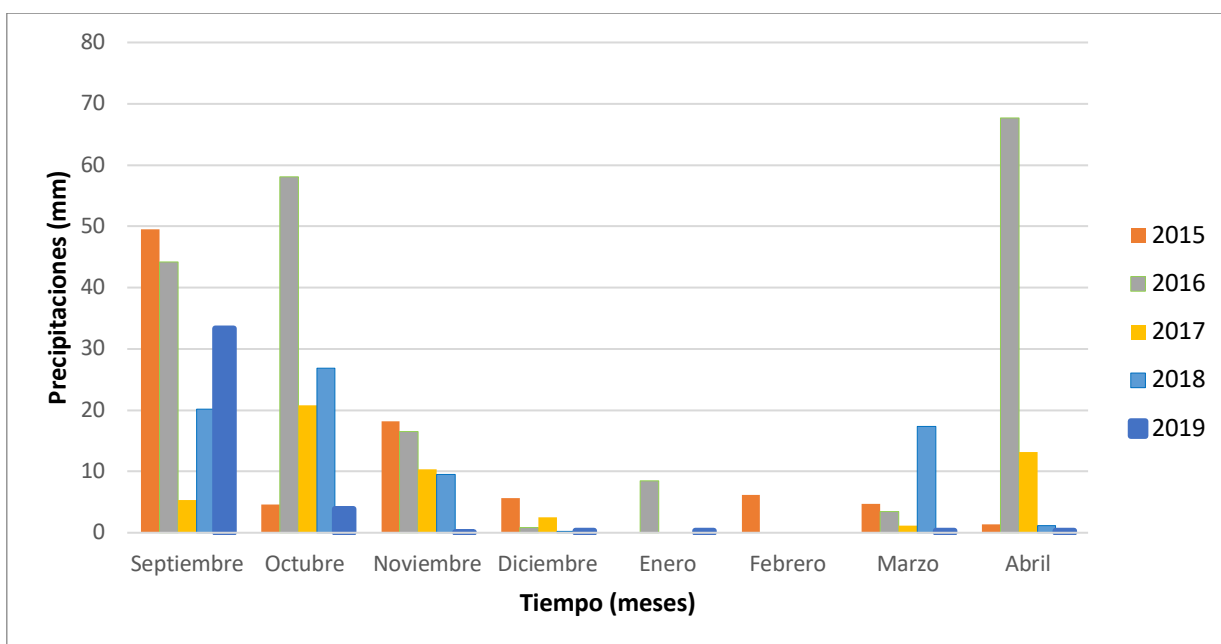


Figura 3. Precipitaciones evaluadas en milímetros (mm) por mes entre las temporadas 2015 y 2019 en la estación meteorológica de Requinoa.

La temporada que presentó la menor cantidad de agua caída producto de aguas lluvias fue el año 2017, con un total de 53 mm desde septiembre a cosecha en marzo.

Cabe destacar que la temporada 2016 presentó precipitaciones en abril de alrededor de 70 milímetros la cual no influyó y no fue considerada para efectos de este análisis ya que, fue cosechada en marzo. Por otra parte, el mismo año presenta las mayores precipitaciones en periodo de floración, cuaja y maduración del fruto.

Las lluvias de invierno siempre son bienvenidas, no así lluvias de primavera y de verano cercanas a cosecha que pueden ser vector de enfermedades fungosas, generando daños en el fruto, pudiendo ocasionar perdidas parciales o totales de la producción. Si las lluvias son después de pinta Casali (2021), comenta que no se pueden aplicar muchos productos para el control de enfermedades, debido a que se debe priorizar que no queden residuos

en el fruto, lo que genera un mayor desafío para enfrentar los daños ocasionados por las precipitaciones.

Se proyecta disminución del 5 al 15% para el año 2030, acompañado de sequías, precipitaciones con altas temperaturas noches calidas y días con temperaturas extremas, lo cual ya se ve reflejado a través de los años en el periodo estival evaluado de cada temporada.

4.5.4 Grados días acumulados (GDA)

Como se mencionó anteriormente, la temperatura es una de las variables de mayor importancia para el buen desarrollo del cultivo, y una forma de poder calcular el impacto del cambio de temperaturas sobre la vid es cuantificar la acumulación de grados días acumulados en los escenarios proyectados. Para efectos de este análisis se realizó un seguimiento de los grados días acumulados necesarios para avanzar de un estado fenológico inmaduro (37) a un estado en madurez de cosecha (38) y los días que trascurrieron para este cambio.

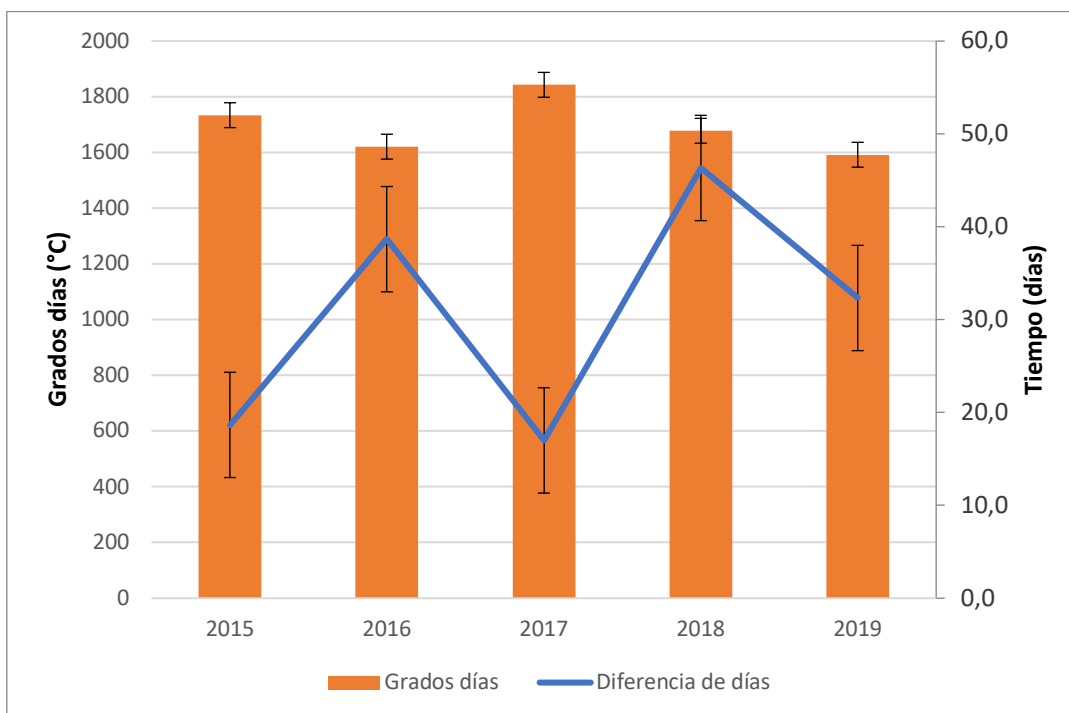


Figura 4. Grados días acumulados (base 10°C) y días transcurridos para el traspaso de estado inmaduro a estado en madurez de cosecha entre las temporadas 2015 y 2019.

Se observa que en las temporadas 2016 y 2018 debieron transcurrir más de 35 días para poder avanzar a un estado en madurez de cosecha, lo que puede explicar que ambas temporadas sean estadísticamente similares en sólidos solubles, pH y acidez titulable.

Por otra parte, en la temporada 2017 se observa una gran acumulación de grados días 1800 aproximadamente y la diferencia de días fue la menor observada. Esto se debe a que el año 2017 fue considerado uno de los años caluroso en más de los que se posee registro según Carillo (2017).

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo a las condiciones de este estudio se puede concluir que:

1. La composición química de la vid cv. Carmenere se vio afectada por los cambios climáticos ocurridos en cada una de las temporadas.
2. Los sólidos solubles, pH y acidez titulable mostraron una relación directa con las temperaturas (acumulación de grados día), influyendo sobre el tiempo requerido para cambiar de estado fenológico en la vid.

En el futuro, es probable que los eventos fenológicos de la vid se vean acortados y esto puede traer como consecuencia un cambio en la composición química y por ende en las características organolépticas tanto de la vid como del vino.

VI. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo R. (2013). El impacto del cambio climático en Chile.

Bascopé A. (2013). Cambio climático impacto en la agricultura heladas y sequía. Oficina de estudios y políticas agrarias (ODEPA).

Caceres A. (2005). Efecto de dos niveles de carga sobre la composición fenólica de hollejos de los cv. Carmenere, syrah y pinot noir durante su maduración en el valle del maipo.

Camacho, A. (2018). Las lluvias primaverales pueden producir enfermedades irreparables en la vid.

Carillo M. (2017). Chile y cambio climático: La sequía llega a su fin, dando comienzo a un largo ciclo lluvioso. Blue Berries. Visitado en: <https://blueberriesconsulting.com/chile-cambio-climatico-la-sequia-llega-fin-dando-comienzo-largo-ciclo-lluvioso/>

Casali, J. (2021). La lluvia de verano que activó las alertas en las viñas

Castro V. (2017). Acidez málica y tartárica en fruta de distintas selecciones de vid ‘cabernet sauvignon’

Catania C., Avagnina, S. (2007). Los Estímulos Ácidos del vino. Curso Superior de Degustación de Vinos. 3 p.

Concha y Toro, (2012). Características del cultivo del Carmenére, parte 2. Visitado en: <https://conchaytoro.com/blog/caracteristicas-del-cultivo-del-carmenere-parte-2/>

De Cara (2004). Características agroclimáticas de la vid (*Vitis vinífera L. subsp. Vinífera*).

Diakou P.; A. Moing; L. Svanella; N. Ollat; D.B. Rolin; M. Gaudillere. (1997). Biochemical comparison of two grape varieties differing in juice acidity. Australian Journal of Grape and Wine research, 3(3): 1-10

Downey M., Dokoozlian N., Krstic M. (2006). Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine. *Revista Americana de Enología y Viticultura*. 257-268 p.

Gonzalez, B. (2013). Caracterización química de vinos del cv. Carménère producidos a partir de uvas cosechadas en distintos momentos de la maduración. Memoria para optar al título de ingeniero Agrónomo. 4 p.

Hodges, T. (1991). Introduction in Predicting Crop Phenology. CRC Press. Boca Raton, FL.

Jackson R. (2014). Chemical constituents of grapes and wine. (Chap. VI; pp. 352) In: *Wine science (Fourth edition): Principles and applications*. Elsevier Publisher. USA. 960 p.

Keller, M. (2010). The science of grapevines: Anatomy and physiology. New York: Academic Press.

Lonvaud, A. (2002). Bacterias Lacticas y Fermentacion Malolactica. *Wine Internet Tchnical Journal*, N.5. 2 p.

Lopez, E. (1993). Características organolépticas de los vinos base destinados a la elaboración del cava en función de tratamientos tecnológicos prefermentativos.

Marchant, R (2010). Análisis de escenarios de cambio climático en las regiones productoras de vino en Chile.

Martinez, A. (2016). El cambio climático y sus efectos sobre la calidad del vino. Trabajo fin de Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del medio rural.

Muñoz, R.; J. Pérez.; E. Pszczolkowski y E. Bordeu. 2002. Influencia del nivel de carga y microclima sobre la composición y calidad de bayas, mosto y vino de Cabernet Sauvignon. *Ciencia e Investigación Agraria*, 29(2): 115-125.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2013). Cambio Climático, Impacto en la Agricultura, Heladas y Sequías. 11 p.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2020). Boletín del vino. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2021). Boletín vides. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Visitado en: <https://www.odepa.gob.cl/rubros/vinos-y-alcoholes>.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2021). Chile ha alcanzado una posición de liderazgo en el mercado internacional del vino, ocupando el cuarto lugar entre los mayores exportadores mundiales de este producto.

Ojeda, H. (2007). Los compuestos fenólicos de la uva. Revista Enológica (Mendoza). 4 p.

Ortega S., Lozano P., Moreno Y., Leon L. (2000). Development of models for predicting phenology and evolution of maturity in cv. Cabernet Sauvignon and Chardonnay grapevines.

Pszczółkowski, P. (2004). La invención del cv. Carménère (Vitis vinifera L) en Chile, desde la mirada de uno de sus actores.

Ramírez, C. (2010). Determinación de Sólidos solubles en uva.

Retamales, J y B. Defilippi. (2000). Manejo de postcosecha. (cap.5, pp.304-309). En: Valenzuela, J. (Ed.). Uva de mesa en Chile. Santiago, Chile: INIA. 338p. (Colección Libros INIA N°5)

Reyes, M., Salazar-Parra, C. (2019). Heladas. Factores, tendencias y efectos en frutales y vides.

Salazar, C., Reyes, M. (2020). Efectos del cambio climático en la vitivinicultura y alternativas para asegurar la sustentabilidad y calidad del viñedo en el Valle Central. INIA: Preparando la agricultura para el cambio climático. 39 p.

Sánchez I. (2006). Determinación de la época óptima de aplicación de Nema-cur y extracto de Quillay, para el control de *Meloidogyne* spp. En cinco estados fenológicos de la vid cv. Chardonnay

Santamaría P., Tenorio., Sota C., Garijo P., Gutiérrez A., López R. (2004). Influencia del pH de la uva en la calidad del vino y en la formación de aminas biógenas.

Smolec, A. (2015). Carmenere: La cepa insigne de Chile y sus meridajes. Visitado en: <https://conchaytoro.com/blog/carmenereday-la-cepa-insigne-de-chile-y-sus-maridajes/>

Tarara, J., Lee, J., Spayd, S., Ccagel, C. (2008). Berry temperature and solar radiation alter acylation, proportion, and concentration of anthocyanin in merlot grapes. Revista Americana de Enología y Viticultura.

Wibowo, D., Escherbruch, R., Davis, C., Fleet, G., Lee, T. (1985). Occurrence and growth of lactic acid bacteria in wine. 302-313 p.

Zarriecueta A., (2015). Efecto de la relación entre área foliar y carga frutal sobre la capacidad productiva en uva de mesa var. queen rose.