

Caracterización vitícola de la variedad Carignan (*Vitis vinífera* L.) ubicada en la zona de secano del Valle del Maule, Chile¹

Viticultural Characterization of Carignan (*Vitis vinífera* L.) Grapevine Variety Located in the Rainfed Area of the Maule Valley, Chile

David Bravo Ávila, Gastón Gutiérrez Gamboa y Yerko Moreno Simunovic²

Resumen

Carignan es una variedad minoritaria dentro de la industria vitivinícola chilena. Redescubierta durante la última década por viticultores y enólogos, ofrece vinos de alta calidad. Debido a este auge en el mercado chileno actual la uva Carignan, producida de ciertas cepas antiguas cultivadas bajo las condiciones de secano del Valle del Maule, se vende a un precio superior al promedio nacional. El Valle del Maule proporciona condiciones edafoclimáticas particulares para el cultivo de esta variedad. Sin embargo, hasta la fecha no existe información publicada acerca del comportamiento vitícola de esta variedad manejada en condiciones de secano. El objetivo del presente trabajo es caracterizar el rendimiento vitícola y la morfología del racimo de las uvas obtenidas a partir de vides Carignan cultivadas en diez sitios distintos a lo largo del Valle del Maule, Chile durante la añada 2015. Los suelos de los sitios Sauzal (Sau), Melozal (Mel) y Curtiduría (Cur) presentaron baja capacidad de retención de agua, resultando en uvas con altos niveles de acumulación de azúcares, presentando

1 El artículo forma parte de la tesis de grado *Caracterización vitícola del cv. Carignan en el secano interior de la Región del Maule*, financiado por el proyecto FIC BIP 30.345.677-0 “Generación de unidades de terroir base (UTB) para el potenciamiento de la calidad y tipicidad de los vinos del cultivar Carignan del secano del Valle del Maule” (2014-2016) y por VIGNO (Vignadores de Carignan).

2 David Bravo Ávila: Universidad de Talca, Talca, Chile, ORCID 0000-0002-2471-6164, davbravo90@gmail.com; Gastón Gutiérrez Gamboa: Universidad de Talca, Talca, Chile, ORCID 0000-0003-3207-850X, ggutierrezg@utalca.cl; Yerko Moreno Simunovic: Universidad de Talca, Talca, Chile, ORCID 0000-0002-0330-4697, ymoreno@utalca.cl

además un alto número de racimos y brotes por vid junto con bajos valores de productividad e índice de Ravaz. Las vides cultivadas en el sitio Cur mostraron una baja cantidad en gran parte de los parámetros vitícolas medidos en el racimo, principalmente en el número y en el peso de las bayas. Por el contrario, los suelos situados en Caliboro (Cal) mostraron la mayor capacidad de retención de agua, lo que resultó en vides con altos rendimientos, peso de poda, peso de racimo y número y peso de bayas, junto con un menor número de racimos y de brotes por vid. Tales resultados brindan valiosa información para los viticultores de la variedad Carignan en relación con la gestión de su viñedo bajo las condiciones de secano del Valle del Maule.

Palabras clave: cosecha, cultivo en tierras áridas, desarrollo rural, horticultura, producción agrícola, vinificación.

Abstract

Carignan is a minority variety within the Chilean wine industry, which has been rediscovered by viticulturist and winemakers offering high quality wines. Carignan production obtained from certain older grapevines cultivated in the rainfed conditions of the Maule Valley is sold at a price well above the national average. Maule Valley provides different edaphoclimatic conditions to the cultivation of Carignan. However, there is no available information about a viticultural behavior of this variety managed under rainfed conditions. The aim of this article is to characterize viticultural performance and bunch morphology of Carignan grapevines growing in ten different sites of the Maule Valley, Chile, during the 2015 season. Soils belonging to Sauzal (Sau), Melozal (Mel) and Curtiduría (Cur) sites presented low water holding capacity which resulted in grapes with high °Brix, number of bunches and shoots per vine, and low values of yield and Ravaz index. Grapevines cultivated in Cur site showed low amount of most of the bunch parameters, mainly of number and weight of berries per bunch. Contrary to this, the soils belonging to Caliboro (Cal) site exhibited the highest water holding capacity, which resulted in grapevines with high values of yield, pruning weight, bunch weight and number and weight of berries, together with low values of number of bunches and shoots per vine. These results are important to Carignan winegrowers in relation to the viticultural management of Carignan, with respect edaphoclimatic conditions of the Maule Valley.

Keywords: Bunch morphology, Carignan, location, Maule Valley, rainfed

Introducción

La variedad Carignan (*Vitis vinifera* L.) es originaria del norte de España, de la Comunidad Autónoma de Aragón, cerca del municipio Cariñena, provincia de Zaragoza. Por tratarse de una variedad española, el nombre propio de la variedad es Cariñena, mientras Carignan es solo una sinonimia francesa. Sin embargo, Carignan es el nombre utilizado comúnmente para denominar esta variedad dentro de la industria vitivinícola chilena.

Durante las décadas pasadas, diversos autores y autoras mencionaban que esta variedad poseía una baja concentración de antocianos en las bayas, en comparación con otras variedades de vid cultivadas (Arozarena *et al.*, 2000). Por otro lado, Clarke y Bakker (2004) apuntan que el único rasgo a favor de la Carignan es su capacidad para producir grandes cosechas. Sin embargo,

durante los últimos años y de forma opuesta a lo aludido anteriormente, la variedad ha tenido un importante resurgimiento dentro de la industria vitivinícola mundial, especialmente en Chile, Italia, Francia y España, debido a su gran potencial enológico en relación con los componentes del flavor del vino (Edo-Roca *et al.*, 2013; Cejudo-Bastante *et al.*, 2018; Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2018b).

El origen de la variedad Carignan en Chile está actualmente en discusión. Gran parte de los enólogos y viticultores coinciden en que los primeros esquejes de vid de Carignan fueron traídos al Maule desde el sur de Francia después del terremoto de Chillán ocurrido en 1939. El objetivo era mejorar el color y la frescura de los vinos producidos a partir de la variedad País (*Vitis vinifera* L., cv. Listán Prieto), la cual era la variedad más cultivada dentro de la incipiente industria vitivinícola chilena (Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2018a). No obstante, existe evidencia de que la variedad Carignan fue introducida en Chile antes de la década del cuarenta (Izquierdo, 1930; Gálvez Dachelet, 2015). En el catálogo del *Criadero de árboles "Santa Inés" (Nos) Chile*, fundado en 1888 y editado en 1928, se señala que entre las variedades de vides importadas a Chile bajo el cuidado del profesor Gastón Lavergne destacan Alvarelao, Brun Fourca, Carignan, Cataratto y otras más (Izquierdo, 1930). El libro *Tratado de viticultura y vinificación*, publicado por Rojas (1897), reporta que la variedad Carignan ya integra el jardín de variedades del Instituto de Quinta Normal el cual, al año 1850, poseía alrededor de 40.000 vides europeas (Gálvez Dachelet, 2015). La *Agenda Agrícola* (Gómez Díaz, 1924) da cuenta también de la existencia de esta variedad en Chile, donde la viña Santa Margarita y Victoria ofrecía la venta de vides de las variedades Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Merlot, Syrah, Carignan y otras (Gálvez Dachelet, 2015).

Como detallamos anteriormente, la variedad Carignan ha tenido un gran resurgimiento dentro de la industria vitivinícola chilena durante los últimos años. Es por ello que la producción de ciertos viñedos longevos (más de cincuenta años) de Carignan cultivados en la zona de secano del Valle del Maule, se vende a un precio muy superior al promedio nacional (Gutiérrez-Gamboa y Moreno-Simunovic, 2018; Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2018a). Esto ha permitido la recuperación económica y social de pequeños productores relegados dentro de la industria vitivinícola chilena, quienes cultivan la mayoría de las vides antiguas de Carignan producidas en el país (Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2018a; Martínez-Gil *et al.*, 2018).

Ampelográficamente, las hojas jóvenes de la variedad Carignan son brillantes y amarillentas, mientras que los brotes jóvenes presentan entrenudos con rayas rojizas (Galet, 1985). Las hojas poseen cinco lóbulos, de una coloración verde a verde oscuro y con un seno peciolar en forma de "V" que no está muy abierto, o incluso cerrado (Galet, 1985). Los racimos de Carignan son de tamaño mediano a grande, cilíndricos, compactos y cónicos, mientras que las bayas son esféricas, de tamaño mediano, bastante uniformes y de color negro azulado (Moreno y Vallarino, 2011). Carignan es una variedad de brotación tardía, por lo cual, se disminuye el riesgo de daño por las heladas de primavera (Gutiérrez-Gamboa y Moreno-Simunovic, 2019). Las vides poseen una alta fertilidad en sus brotes basales, por lo que pueden podarse en pitones y conducirse en gobelet o en espaldera vertical simple (Moreno y Vallarino, 2011). Esta variedad tolera bien condiciones cálidas y secas, adaptándose también a suelos que presentan niveles muy bajos de materia orgánica (Gutiérrez-Gamboa y Moreno-Simunovic, 2019). Debido a estas razones, las vides Carignan se cultivan principalmente en pendiente, en suelos con poca profundidad, o en

suelos que presentan limitación de nutrientes, como es el caso de los suelos del Valle del Maule (Gutiérrez-Gamboa y Moreno-Simunovic, 2018). Lo anterior, permite a las vides alcanzar un equilibrio vegetativo-productivo, optimizando la calidad de la uva. Sin embargo, bajo estas condiciones, las deficiencias de potasio a menudo aparecen en las vides, lo que puede afectar la madurez de las bayas (Moreno y Vallarino, 2011). Por otro lado, la variedad Carignan es susceptible al hongo *Uncinula necator* —comúnmente llamado “oídio”— en uvas, hojas y brotes verdes, lo que requiere programas preventivos sumamente cuidadosos contra esta enfermedad. Asimismo, Carignan es también susceptible a la “podredumbre gris” (*Botrytis cinerea*), cuando los racimos están muy apretados o han sufrido problemas previos de oídio (Moreno y Vallarino, 2011).

Los parámetros fisicoquímicos del suelo y las condiciones climáticas son los principales factores que determinan la calidad de la uva y su productividad (van Leeuwen *et al.*, 2004; Deloire *et al.*, 2005). Mas el efecto del suelo sobre el comportamiento vitícola y la composición de la uva es complejo de entender, ya que el suelo influye en la nutrición mineral de la vid y en las condiciones de absorción de agua, pero también afecta la profundidad de exploración de las raíces, la temperatura circundante y la oxigenación en la zona de radical (van Leeuwen y Seguin, 2006). Las condiciones climáticas afectan la maduración de la vid y la acumulación de metabolitos secundarios, como ácidos orgánicos, aminoácidos, compuestos fenólicos, compuestos volátiles, entre otros (Jackson y Lombard, 1993; Kennedy *et al.*, 2002; Downey *et al.*, 2006; Sweetman *et al.*, 2014; Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2018c; Garde-Cerdán *et al.*, 2018).

Los viñedos Carignan ubicados en el Valle del Maule, Chile, se insertan en el Batolito Costero, el corazón de la Cordillera de la Costa, que es un antiguo cordón montañoso, de origen volcánico, formado por una roca intrusiva (Gutiérrez-Gamboa y Moreno-Simunovic, 2019). Los suelos del Valle del Maule son muy pobres, tienen menos de 1% de materia orgánica y bajos contenidos de potasio, fósforo y magnesio (Gutiérrez-Gamboa y Moreno-Simunovic, 2018; Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2019). Los viñedos Carignan cultivados en los sitios más fríos del valle, ubicados más cerca del océano Pacífico y que poseen gran altitud y profundidad de suelo, presentaron una alta concentración de varios aminoácidos en sus uvas y de compuestos volátiles en sus vinos (Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2018a; Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2018c). Los viñedos de Carignan ubicados en sitios cálidos en el área de Entre Cordillera, hacia la Cordillera de los Andes, proporcionan uvas y vinos con una alta concentración de alcohol y de compuestos fenólicos (Martínez-Gil *et al.*, 2018; Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2018d).

Por otro lado, no hay información disponible en la literatura científica que muestre el comportamiento vitícola de esta variedad manejada bajo las condiciones de secano del Valle del Maule, Chile. Debido a lo expuesto anteriormente, el objetivo de este trabajo fue caracterizar el rendimiento vitícola y la morfología del racimo de las vides Carignan que cultivadas en diez sitios distintos del Valle del Maule (Chile) durante la añada 2015.

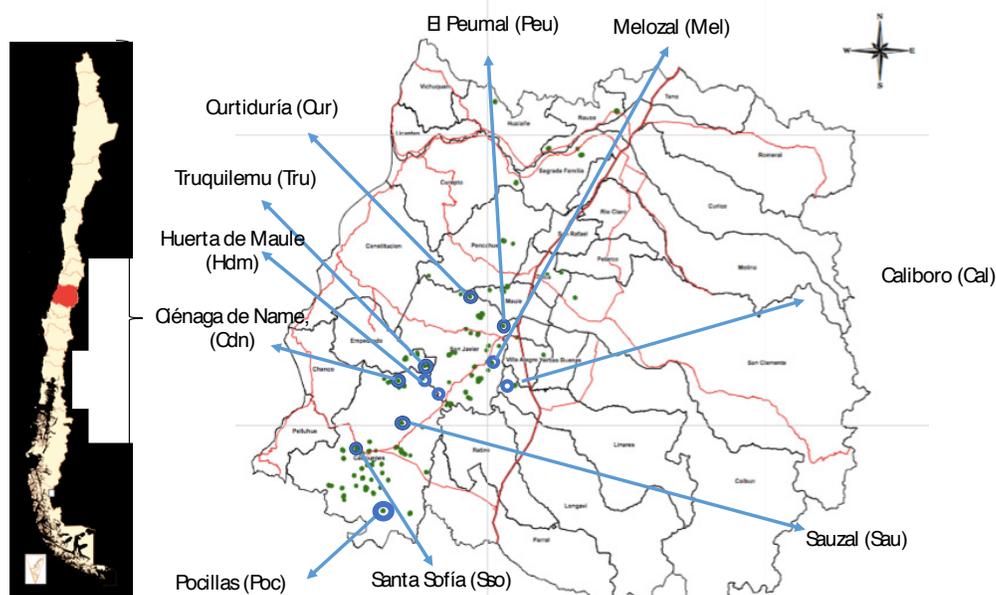
Materiales y métodos

Sitio experimental y material vegetal

Se realizó un ensayo experimental a lo largo del Valle del Maule, Región del Maule (Chile) durante la añada 2015. Para su efecto, fueron seleccionadas diez localidades distintas a lo largo del valle en que se cultiva la variedad Carignan, a partir de lo informado por Gutiérrez-Gamboa *et al.* (2018a). Los viñedos Carignan se ubicaron en las siguientes localidades: El Peumal (Peu), Curtiduría (Cur), Melozal (Mel), Caliboro (Cal), Ciénaga de Name (Cdn), Huerta de Maule (Hdm), Santa Sofía (Sso), Pocillas (Poc), Truquilemu (Tru) y Sauzal (Sau), como se observa en la Figura 1. En cada localidad se eligió un viñedo representativo, en donde se organizaron tres réplicas en un diseño de bloques completos al azar. En cada réplica se seleccionaron entre 18 y 22 vides de acuerdo con lo publicado por Gutiérrez-Gamboa y Moreno-Simunovic (2018). La selección se realizó en base a las siguientes consideraciones: vides de treinta o más años, manejadas en condiciones de secano y conducidas de forma libre (gobelet). La información en relación al manejo nutricional y vitícola, incluyendo las características fisicoquímicas del suelo y el rendimiento potencial de los viñedos Carignan, se muestra en el reporte publicado por Gutiérrez-Gamboa *et al.* (2018a). La cosecha de las uvas fue efectuada cuando el contenido de sólidos solubles alcanzó alrededor de 22 a 26 °Brix, la acidez total llegó entre los 5 y 8 g/L de ácido tartárico y un pH entre 3,25 y 3,75, lo que dependió de las condiciones edafoclimáticas de los sitios seleccionados.

Figura 1. Ubicación de los viñedos Carignan en el Valle del Maule (Chile): El Peumal (Peu), Curtiduría (Cur), Melozal (Mel), Caliboro (Cal), Ciénaga de Name (Cdn), Huerta de Maule (Hdm), Santa Sofía (Sso), Pocillas (Poc), Truquilemu (Tru) y Sauzal (Sau)

Figure 1. Location of Carignan vineyards sited along the Maule Valley (Chile): El Peumal (Peu), Curtiduría (Cur), Melozal (Mel), Caliboro (Cal), Ciénaga de Name (Cdn), Huerta de Maule (Hdm), Santa Sofía (Sso), Pocillas (Poc), Truquilemu (Tru) and Sauzal (Sau)



Fuente: elaboración propia en base a Gutiérrez-Gamboa *et al.* (2018c).
Source: own elaboration from Gutiérrez-Gamboa *et al.* (2018c).

Características fisicoquímicas del suelo

En cada viñedo seleccionado se perforó una calicata, con el objetivo de estudiar las características fisicoquímicas de los suelos. La textura superficial y profunda, la profundidad del suelo, la capacidad de retención de agua, la materia orgánica y el análisis de nitrógeno total del suelo se analizaron de acuerdo con la metodología expuesta por el Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTSyC, 2017). En este sentido, la información de las características fisicoquímicas del suelo puede observarse en el reporte publicado por Gutiérrez-Gamboa y Moreno-Simunovic (2018).

Características climáticas de los sitios

Los datos de temperatura y humedad relativa se registraron *in situ* utilizando sensores HOBO (Pro V2, Onset, Bourne, EE.UU.), los cuales se ubicaron al inicio de la hilera a 1,5 m del suelo. Los datos obtenidos fueron utilizados para calcular diversos índices bioclimáticos, como el índice heliotérmico de Huglin (HI), los grados día biológicamente efectivos (BEDD), la temperatura máxima del mes más cálido (MTWM), la temperatura promedio del mes más cálido (MATWM) y el índice de frescor nocturno (CI), de acuerdo con el trabajo expuesto por Martínez-Gil *et al.* (2018) y por Gutiérrez-Gamboa *et al.* (2018a). El cálculo de los índices bioclimáticos y las características fisicoquímicas del suelo de los viñedos Carignan se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Índices bioclimáticos calculados y características del suelo de los viñedos Carignan ubicados en el Valle del Maule, Chile: El Peumal (Peu), Curtiduría (Cur), Melozal (Mel), Caliboro (Cal), Ciénaga de Name (Cdn), Huerta de Maule (Hdm), Santa Sofía (Sso), Pocillas (Poc), Truquilemu (Tru) y Sauzal (Sau)
Table 1. Bioclimatic indices calculated and soil characteristics of Carignan vineyards located along the Maule Valley, Chile: El Peumal (Peu), Curtiduría (Cur), Melozal (Mel), Caliboro (Cal), Ciénaga de Name (Cdn), Huerta de Maule (Hdm), Santa Sofía (Sso), Pocillas (Poc), Truquilemu (Tru) and Sauzal (Sau)

	Huglin's heliothermal index (HI)	Biologically effective degree days (BEDD)	Maximum temperature of the warmest month (MTWM)	Average temperature of the warmest month (MATWM)	Cool night index (CI)	Soil depth (cm)	Water holding capacity (cm ³)	Organic matter (%)	Total N (%)
Peu	2574.20	1620.99	32.35	21.76	10.49	200	19.3	0.59	0.09
Cur	2824.18	1927.54	34.07	22.97	12.55	140	10.4	1.07	0.10
Mel	2580.25	1739.98	31.92	22.01	11.83	88	8.6	1.03	0.09
Cal	2489.64	1482.95	33.25	21.58	9.23	200	21.6	0.77	0.06
Cdn	1702.32	1061.18	26.79	16.53	10.35	180	13.1	1.41	0.09
Hdm	2365.72	1374.67	32.16	20.54	7.99	200	21.7	1.63	0.03
Sso	2328.45	1386.66	30.93	20.23	8.82	100	10.8	1.07	0.05
Poc	2679.30	1797.14	33.77	22.57	10.40	200	23.0	0.64	0.08
Tru	2202.53	1321.51	30.36	19.68	8.97	200	17.5	0.46	0.12
Sau	2215.99	1345.61	31.39	20.66	9.61	150	12.7	0.79	0.10

Índice heliotérmico de Huglin (HI), los grados días biológicamente efectivos (BEDD), la temperatura máxima del mes más cálido (MTWM), la temperatura promedio del mes más cálido (MATWM) y el índice de frescor nocturno (CI). Fuente: elaboración propia en base a Martínez-Gil *et al.* (2018) y Gutiérrez-Gamboa *et al.* (2018a). Source: own elaboration from Martínez-Gil *et al.* (2018) and Gutiérrez-Gamboa *et al.* (2018a).

Parámetros vitícolas evaluados

Los racimos cosechados se almacenaron en una cámara fría a 4°C hasta su procesamiento, que no fue más de dos días posterior a la cosecha, en las instalaciones del Centro Tecnológico de la Vid y del Vino perteneciente a la Universidad de Talca. Los racimos se clasificaron en tres categorías según su peso. Categoría A: racimos con peso superior a 150 g. Categoría B: racimos con peso entre 100 y 150 g. Categoría C: racimos con peso inferior a 100 g. Por otro lado, durante el invierno se podaron las vides de cada localidad por repetición y se registraron los pesos de la madera cosechada. A partir de lo expuesto anteriormente, fueron medidos los siguientes parámetros: peso de bayas por vid (kg), número de racimos por vid, número de brotes por vid, peso de poda por vid (kg), peso del racimo, longitud del brote y número y peso de bayas por racimo. Asimismo, se calculó el índice de Ravaz. Los parámetros enológicos como °Brix, pH y acidez total se determinaron de acuerdo con las metodologías de la OIV (2003).

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los parámetros evaluados se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA unidireccional), usando el software Statgraphics Centurion XVI.I (Virginia, EE.UU.). Las diferencias entre las muestras fueron comparadas mediante la prueba de Duncan con un nivel de probabilidad del 95%. El análisis de componentes principales (ACP) se realizó utilizando los índices bioclimáticos calculados junto con los parámetros cuantitativos de los suelos, y los parámetros vitícolas y enológicos, mediante el software Infostat (<www.infostat.com.ar>).

Resultados y discusión

Parámetros vitícolas y enológicos

La Tabla 2 muestra los parámetros vitícolas y enológicos evaluados a partir de las uvas cosechadas de las vides Carignan ubicadas en las distintas localidades del Valle del Maule, Chile: El Peumal (Peu), Curtiduría (Cur), Melozal (Mel), Caliboro (Cal), Ciénaga de Name (Cdn), Huerta de Maule (Hdm), Santa Sofía (Sso), Pocillas (Poc), Truquilemu (Tru) y Sauzal (Sau). El peso de las uvas por vid fue mayor en las vides Carignan cultivadas en las localidades de Peu, Cal, Cdn, Sso y Tru, en comparación a las vides cultivadas en la localidad de Mel. De acuerdo con lo que se presenta en la Tabla 1, la localidad de Mel presentó la condición de suelo más restrictiva en comparación con el resto de las localidades seleccionadas. Van Leeuwen *et al.* (2004) determinaron que el rendimiento de las vides estaba influenciado principalmente por el suelo, seguido por la interacción del suelo y la variedad en las vides Merlot, Cabernet Franc y Cabernet Sauvignon. Por otro lado, Ubalde *et al.* (2007) demostraron que las condiciones edafoclimáticas tenían una influencia significativa en la estimación del rendimiento potencial de la vid y en la calidad de la uva.

Tabla 2. Parámetros vitícolas y enológicos evaluados en vides Carignan ubicadas en el Valle del Maule, Chile: El Peumal (Peu), Curtiduría (Cur), Melozal (Mel), Caliboro (Cal), Ciénaga de Name (Cdn), Huerta de Maule (Hdm), Santa Sofía (Sso), Pocillas (Poc), Truquilemu (Tru) y Sauzal (Sau)
 Table 2. Viticultural and oenological parameters evaluated in Carignan grapevines located along the Maule Valley, Chile: El Peumal (Peu), Curtiduría (Cur), Melozal (Mel), Caliboro (Cal), Ciénaga de Name (Cdn), Huerta de Maule (Hdm), Santa Sofía (Sso), Pocillas (Poc), Truquilemu (Tru) and Sauzal (Sau)

	Weight of grapes per vine (kg)	Number of bunches per vine	Number of shoots per vine	Pruning weight per vine (kg)	Ravaz index	pH	Total acidity	°Brix
Peu	6.54±2.47cd	44.11±14.95e	21.89±7.24bcd	0.68±0.13ab	11.61±3.30b	3.43±0.05cd	5.26±0.11ab	24.53±0.64abc
Cur	4.24±2.43abc	40.14±12.76de	28.71±10.52e	0.56±0.38ab	6.34±3.61ab	3.61±0.07e	4.92±0.37a	25.73±1.90bcd
Mel	2.60±1.18a	35.71±14.09cde	23.33±6.98de	0.41±0.17a	5.69±0.58ab	3.34±0.06bc	7.58±0.53e	26.87±1.02d
Cal	6.22±1.66cd	17.56±5.66a	14.89±4.26a	0.88±0.14b	6.71±0.98ab	3.45±0.06d	6.00±0.48cd	24.73±0.81abc
Cdn	5.13±2.42bc	18.67±4.46ab	15.75±5.50ab	0.43±0.10a	12.26±8.12b	3.42±0.03cd	5.81±0.10bc	23.40±0.35a
Hdm	4.77±1.03abc	23.67±7.37abc	13.33±3.51a	0.44±0.10a	11.50±5.40b	3.36±0.04bcd	6.49±0.38d	23.07±1.03a
Sso	6.01±1.98cd	29.89±7.27bcd	16.56±3.68abc	0.62±0.11ab	9.90±2.23ab	3.36±0.06bcd	6.13±0.08cd	23.73±0.50a
Poc	4.49±1.37abc	32.63±7.74cde	23.00±4.54cde	0.58±0.23ab	8.58±3.09ab	3.44±0.07cd	6.28±0.07cd	24.07±1.10ab
Tru	7.73±2.15d	28.67±9.22abcd	14.00±4.44a	0.47±0.05a	4.27±0.46a	3.19±0.08a	8.36±0.52f	23.13±0.64a
Sau	3.24±1.44ab	24.67±9.77abc	13.33±4.82a	0.64±0.17ab	3.28±0.81a	3.28±0.03ab	7.13±0.31e	26.03±0.84cd

Para cada parámetro, letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre sitios ($p \leq 0.05$). Fuente: elaboración propia. Los parámetros enológicos se obtuvieron a partir de Martínez-Gil et al. (2018) y Gutiérrez-Gamboa et al. (2018a). For each parameter, different letters in the same column indicates significant differences among sites ($p \leq 0.05$). Source: own elaboration. The enological parameters were obtained from Martínez-Gil et al. (2018) and Gutiérrez-Gamboa et al. (2018a).

El número de racimos por vid fue mayor en las vides Carignan ubicadas en las localidades de Peu, Cur, Mel, Sso y Poc, comparado a las vides cultivadas en la localidad de Cal. Por su parte, el número de brotes por vid fue mayor en las vides Carignan cultivadas en las localidades de Peu, Cur, Mel y Poc que en las vides cultivadas en las localidades de Cal, Hdm, Tru y Sau. Por su parte, el rendimiento potencial se define por la inducción y diferenciación de los primordios de flor de las inflorescencias, lo que ocurre poco después de la brotación de la temporada anterior (Sánchez y Dokoozlian, 2005). Para su inducción y diferenciación se necesitan temperaturas cálidas, alta radiación solar, bajos niveles de nitrógeno y un suministro adecuado de agua (Vasconcelos *et al.*, 2009; Guilpart *et al.*, 2014;). Sin embargo, las temperaturas extremadamente altas (> 35 °C) durante la fase de inducción floral pueden provocar que los brotes sean infructuosos (Zheng *et al.*, 2017). En este sentido, las localidades Peu, Cur, Mel y Poc presentaron altos días de grados biológicamente efectivos y las localidades de Cur, Cal y Poc presentaron el mayor índice de la temperatura máxima del mes más cálido, lo que pudo haber condicionado los parámetros antes mencionados. Por otro lado, nuestros resultados coinciden con lo expuesto por Reynolds y Naylor (1994), quienes informaron que la reducción de la capacidad de retención de agua por el aumento del porcentaje de grava en el suelo tendía a reducir el crecimiento del brote lateral.

El peso de poda por vid fue mayor en las vides cultivadas en la localidad de Cal, comparado a las vides cultivadas en Mel, Cdn, Hdm y Tru, mientras que el índice de Ravaz fue mayor en las vides

cultivadas en las localidades de Peu, Cdn y Hdm que en las vides cultivadas en Tru y Sau. Los suelos de la localidad de Cal presentaron la mayor capacidad de retención de agua, lo que resulta en una alta absorción de agua y una alta productividad de la madera. Así, los déficits hídricos moderados reducen el crecimiento de los brotes, el tamaño de las bayas y el rendimiento (van Leeuwen *et al.*, 2009). Por otro lado, se ha informado que el peso de la poda se vio afectado principalmente por el tipo de suelo (28%), seguido por el cultivar (21%) y la estación (20%) (van Leeuwen *et al.*, 2004).

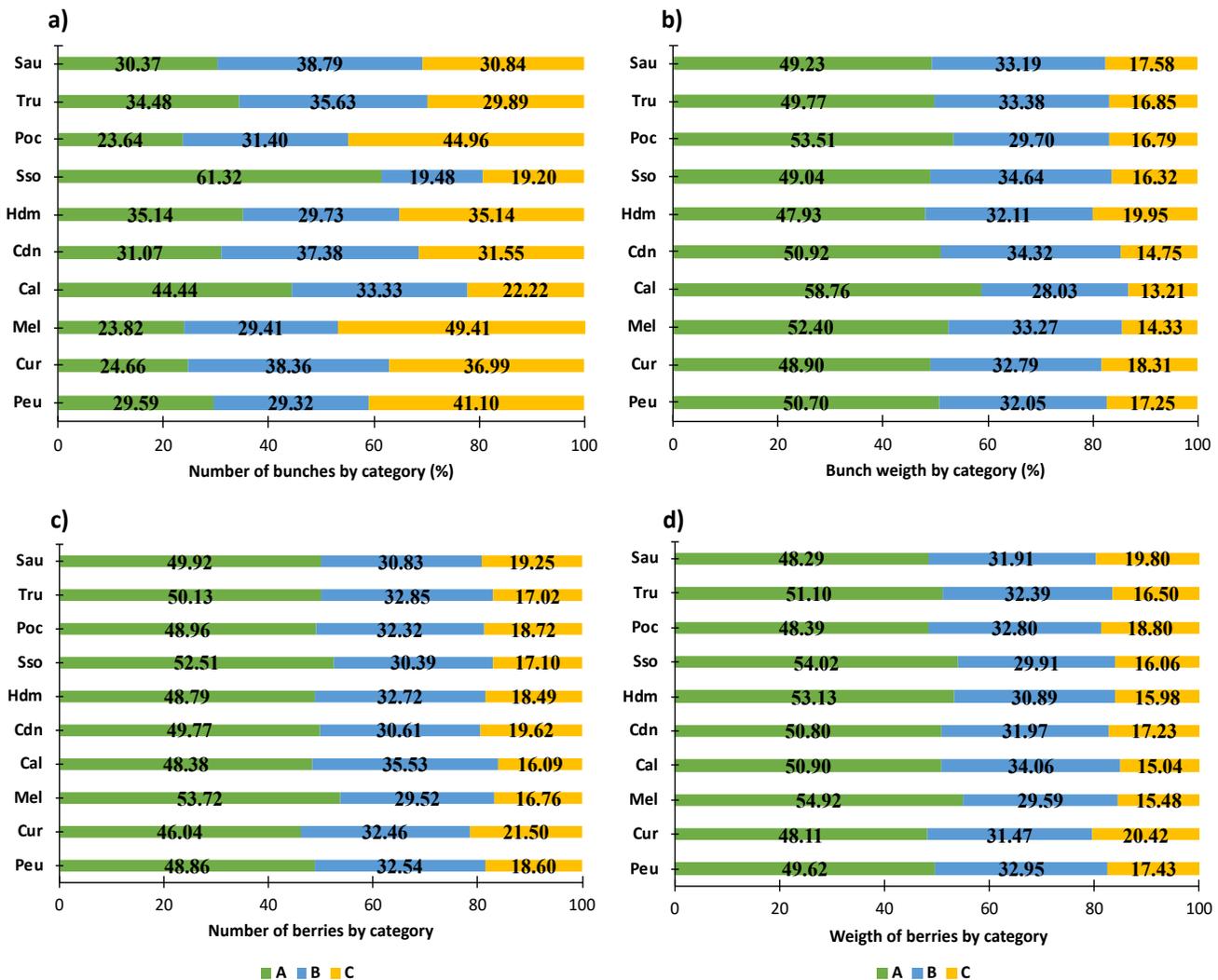
Respecto a los parámetros enológicos evaluados en las uvas, el pH resultó mayor en aquellas cosechadas a partir de las vides Carignan ubicadas en Cur, mientras que las uvas cultivadas en Tru presentaron el mayor contenido de acidez total. De acuerdo con los índices bioclimáticos calculados (Tabla 1), la localidad de Cur presentó las condiciones más cálidas en comparación con el resto de los sitios. Gutiérrez-Gamboa y Moreno-Simunovic (2018) informaron que las uvas Carignan producidas en Cur y Peu presentaron una maduración tecnológica más rápida y fueron cosechadas incluso hasta con un mes de diferencia, comparado a las uvas obtenidas en otras localidades del Valle del Maule. En contraste, la localidad de Tru presentó condiciones climáticas más frías que la mayoría de las demás ubicaciones, con la excepción de Cdn (Tabla 1). Jackson y Lombard (1993) informaron que las temperaturas nocturnas por debajo de los 15°C, la humedad excesiva del suelo, racimos parcial o completamente sombreados y la alta productividad dan lugar a bayas con una alta acidez y baja acumulación de sólidos solubles y pH. Algunas de estas condiciones se dieron en la localidad de Tru (Tablas 1 y 2). Por su parte, las localidades de Cdn, Hdm, Sso y Tru proporcionaron uvas con un menor contenido de sólidos solubles (°Brix) que los sitios de Cur, Mel y Sau. De acuerdo con lo que se muestra en la Tabla 1, los sitios Cdn, Hdm, Sso y Tru presentaron condiciones climáticas más frescas y una mayor profundidad del suelo y capacidad de retención de agua, lo que permite que las vides maduren lentamente. En contraste, las localidades de Cur, Mel y Sau presentaron condiciones climáticas y de suelo más restrictivas (Tabla 1), lo que resultó en la producción de bayas con alto °Brix (Tabla 2).

Morfología de los racimos Carignan

La Figura 2 muestra el porcentaje del número de racimos (a), del peso del racimo (b), del número de bayas por racimo (c), y del peso de las bayas por racimo (d) por categoría de peso de racimos. La Tabla 3 muestra los parámetros morfológicos del racimo Carignan divididos por categoría de peso como se determinó en el apartado de materiales y métodos. La mayoría de los racimos obtenidos de las vides Carignan cosechadas en las localidades de Sso (61,3 %) y de Cal (44,4 %) pesaron más de 150 g, mientras que la mayoría de los racimos obtenidos en Sau (38,8 %), Tru (35,6 %), Cdn (37,4 %) y Cur (38,4 %) pesaron entre 150 y 100 g (Figura 2a). La mayoría de los racimos de Carignan cosechados a partir de las vides cultivadas en Poc (45,0 %), Mel (49,4 %) y Peu (41,1 %) pesaron menos de 100 g, mientras que en la localidad de Hdm se alcanzó el mismo porcentaje de racimos de la Categoría A (peso del racimo > 150 g) y C (peso del racimo < 100 g) (Figura 2a). En general, las vides Carignan cultivadas en el Valle del Maule presentan una marcada uniformidad de racimo, con la excepción de los racimos obtenidos de la localidad Sso. Edo-Roca *et al.* (2013) informaron que Carignan presentó una marcada uniformidad de racimo para las vides cultivadas en Terra Alta D.O, Tarragona, España. De acuerdo con los descriptores ampelográficos publicados por la OIV (OIV, 2001), el peso del racimo Carignan del Valle del Maule es considerado de muy bajo a bajo peso, con la excepción de los racimos cosechados en las localidades Cal y Sso. Por otro lado, del 48,9 al 58,8 % (Cur y Cal, respectivamente) del peso de los racimos por planta correspondió a racimos que pesan más de 150

g, mientras que entre el 28,0 al 34,6 % (Cal y Sso, respectivamente) del peso de los racimos por planta correspondió a racimos que pesan entre 150 a 100 g (Figura 2b). Los racimos que pesaron menos de 100 g alcanzaron entre el 13,2 y el 20,0 % del peso de los racimos por planta (Figura 2b). Cerca del 50 % del peso total y del número de bayas correspondieron a racimos que pesan más de 150 g, mientras que cerca del 30 % del peso total y del número de bayas correspondieron a racimos que pesan entre 150 y 100 g (Figura 2c y 2d). Por otro lado, alrededor del 15 al 20 % del peso total y del número de bayas correspondieron a racimos con un peso inferior a 100 g (Figura 2c y 2d).

Figura 2. Porcentaje del número de racimos (a), peso del racimo (b), número de bayas por racimo (c), peso de las bayas por racimo (d) por categoría de peso de racimo. Categoría A: peso de racimos superior a 150 g. Categoría B: peso de los racimos entre 100 y 150 g. Categoría C: peso de los racimos inferiores a 100 g
Figure 2. Percentage of number of bunches (a), bunch weight (b), number of berries per bunch (c), weight of berries per bunch (d) by bunch weight category. Category A: weight of bunches higher than 150 g. Category B: weight of bunches between 100 and 150 g. Category C: weight of bunches lower than 100 g



Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.



De acuerdo con lo expuesto en la Tabla 3, las vides Carignan cultivadas en Cal presentaron el mayor peso de racimo para los racimos clasificados en las categorías A (racimos que pesan más de 150 g) y B (racimos que pesan entre 100 y 150 g), mientras que las vides cultivadas en Cur, Hdm y Mel mostraron un menor peso de racimo que las vides cultivadas en el resto de los sitios, para los racimos clasificados en la categoría C (racimos que pesan menos de 100g). Los racimos obtenidos de las vides Carignan cultivadas en la localidad de Poc presentaron la longitud del raquis más baja para los racimos clasificados en las categorías A y B; los racimos cosechados de las vides cultivadas en Peu mostraron la mayor longitud del raquis para los racimos clasificados en la categoría C. Por su parte, los racimos obtenidos de las vides cultivadas en la localidad de Cur presentaron el menor número de bayas para los racimos clasificados en las categorías A y B, y el menor peso de las bayas en todas las categorías, mientras que para la categoría C, los racimos obtenidos a partir de las vides cultivadas en Cur mostraron un menor número de bayas en comparación a aquellos obtenidos en los demás sitios, con la excepción de Mel. Por otro lado, los racimos obtenidos a partir de vides Carignan cultivadas en Cal presentaron el mayor peso de bayas para los racimos clasificados en las categorías A y B.

Tabla 3. Parámetros de morfología del racimo, como el peso de la baya (Bw), longitud del raquis (Sl), número de bayas por racimo (Nb) y peso de las bayas por racimo (Wb) por categoría de peso de racimo. Categoría A: peso de racimos superior a 150 g. Categoría B: peso de racimos entre 100 y 150 g. Categoría C: peso de los racimos inferiores a 100 g

Table 3. Bunch morphology parameters such as berry weight (Bw), stalk length (Sl), number of berries per bunch (Nb) and weight of berries per bunch (Wb) by weight bunch category. Category A: weight of bunches higher than 150 g. Category B: weight of bunches between 100 and 150 g. Category C: weight of bunches lower than 100 g

	Peu	Cur	Hdm	Mel	Cal	Sau	Cdn	Sso	Tru	Poc
BwA	252.13±72.14bc	143.62±58.60a	227.92±78.25b	280.35±109.93cd	370.00±80.93e	238.85±72.93bc	251.77±95.22bc	322.56±95.50d	266.28±99.55c	247.64±58.66bc
BwB	159.40±33.20c	96.29±37.27a	144.71±57.69bc	133.74±33.66b	249.39±63.92e	160.02±49.32c	177.80±60.02d	179.04±46.51d	178.57±51.53d	166.95±30.12cd
BwC	85.79±28.33b	53.78±20.89a	62.32±22.03a	63.05±23.76a	107.19±42.82d	99.41±35.60cd	83.78±32.58b	101.24±37.34d	90.17±34.10bc	88.41±30.25b
SlA	17.29±2.33e	15.69±1.88c	14.58±1.69b	15.68±2.11bc	17.70±2.07e	16.12±1.98cd	16.33±1.89cd	16.16±2.93c	16.93±2.69de	12.92±2.09a
SlB	14.75±2.09f	12.50±1.50b	12.63±1.86b	12.83±1.55bc	15.02±1.86f	13.67±1.74cd	14.19±1.90de	13.79±2.62d	14.64±1.73ef	11.18±1.10a
SlC	17.29±2.33e	9.58±1.79ab	10.08±2.46bc	9.85±2.77b	11.89±2.03d	11.12±1.91cd	11.93±1.73d	11.36±2.70d	11.49±2.58d	9.02±1.90a
NbA	182.40±35.72cd	93.82±35.03a	166.33±35.33bcd	154.87±51.77b	167.58±39.04bc	189.85±54.77d	185.83±74.45cd	174.09±38.57bcd	185.08±49.09cd	160.19±32.85b
NbB	121.45±33.15e	66.15±22.53a	111.55±29.07cde	85.09±22.80b	123.05±29.94e	117.23±37.61de	114.31±32.81de	100.74±25.35c	121.29±33.02e	105.76±22.56cd
NbC	69.43±20.81de	43.81±14.01a	63.05±21.23cde	48.31±17.04ab	55.74±17.92bc	73.21±25.98e	73.27±22.92e	56.68±22.55bc	62.85±21.91cd	61.25±14.87c
WbA	243.18±61.91bc	114.47±48.08a	262.95±44.50cd	242.31±95.41bcd	343.34±77.10f	217.85±75.05b	282.00±103.55de	310.47±79.89e	270.85±65.84d	230.74±51.03bc
WbB	161.46±33.16d	74.88±31.20a	152.90±40.76bcd	130.57±48.22b	229.76±62.37f	143.98±47.25bc	177.46±53.38e	171.91±45.95de	171.69±45.14de	156.39±34.69cd
WbC	85.44±29.83cd	48.60±16.57a	79.10±30.19bc	68.30±24.59b	101.42±39.15e	89.32±34.33cde	95.68±35.57de	92.31±34.49cde	87.47±31.50cde	89.66±21.70cde

Para cada parámetro, letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre sitios ($p \leq 0.05$). Fuente: elaboración propia. For each parameter, different letters in the same column indicate significant differences among sites ($p \leq 0.05$). Source: own elaboration.

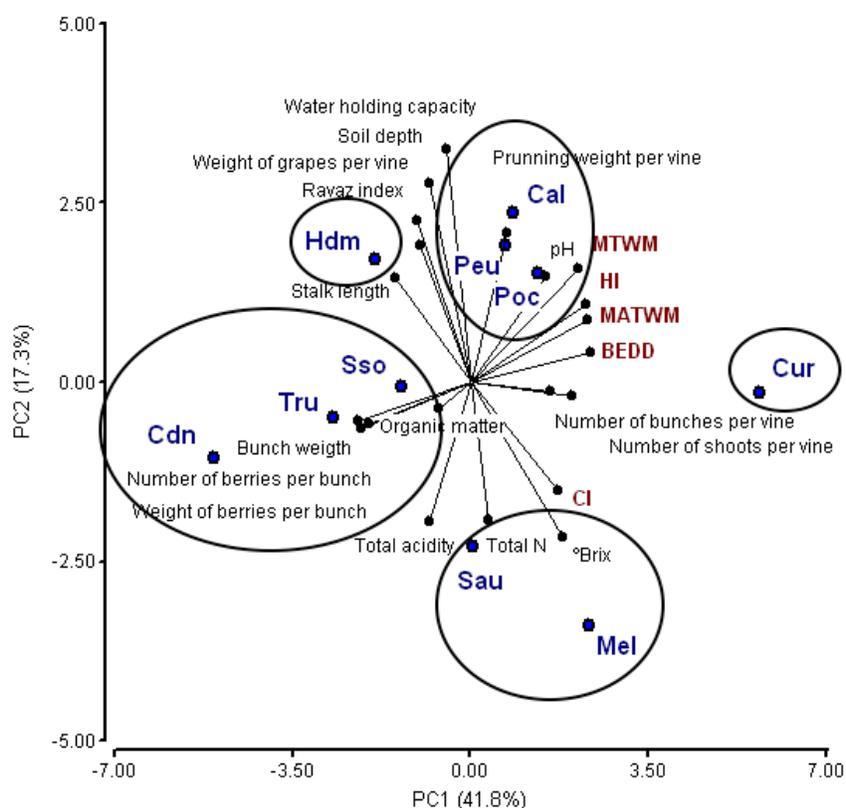
La mayoría de los parámetros vitícolas y enológicos mencionados anteriormente se vieron afectados por las condiciones edafoclimáticas de las localidades seleccionadas. Los parámetros morfológicos del racimo, como el peso y número de bayas, alcanzaron altos valores en las muestras obtenidas de Cal. De acuerdo con los descriptores de la OIV (OIV, 2001), el peso de una sola baya se clasificó como muy bajo a bajo para esta variedad, con la excepción de las muestras obtenidas en las localidades de Cal y Sso. Por otro lado, los suelos de Cal presentaron la mayor capacidad de retención de agua, lo que podría mejorar la absorción de agua de las vides en comparación con las vides cultivadas en el resto de las localidades. De forma contraria, el sitio Cur proporciona condiciones restrictivas de suelo para el desarrollo radicular de las vides, lo que dio lugar a un bajo número y peso de bayas en las vides. El sitio Cur presentó una menor capacidad de retención de agua en los suelos comparado al resto de los sitios, a excepción de los suelos presentes en Mel, además de las condiciones climáticas más cálidas, lo que pudo condicionar los parámetros vitícolas analizados. Según Gutiérrez-Gamboa *et al.* (2018a), los sitios Cur y Mel presentan condiciones edafoclimáticas restrictivas que dan lugar a una maduración temprana de la uva Carignan. Al respecto, nuestros resultados coinciden con los reportados por Edo-Roca *et al.* (2013), quienes mostraron que el peso y el rendimiento de las bayas fueron mayores en la parcela de maduración tardía para las variedades Carignan y Garnacha. Por otro lado, van Leeuwen *et al.* (2004) informaron que el peso de la baya estaba condicionado principalmente por el factor suelo, seguido por la variedad, mientras que el número de bayas por vid se vio principalmente afectada por el factor añadida sobre el suelo, la variedad y sus interacciones.

Análisis de componentes principales (ACP)

La Figura 3 muestra el análisis de componentes principales, utilizando índices bioclimáticos calculados como el índice heliotérmico de Huglin (HI), los grados días biológicamente efectivos (BEDD), la temperatura máxima del mes más cálido (MTWM), la temperatura promedio del mes más cálido (MATWM) e índice de frescor nocturno (CI), junto con la información sobre los parámetros fisicoquímicos del suelo y los parámetros vitícolas y enológicos obtenidos en los viñedos Carignan ubicados en las distintas localidades del Valle del Maule. El primer componente principal (CP1) demuestra el 41,8% de la varianza y el CP2 explicó el 17,3% de la varianza, lo que representa un 59,1% de la varianza total. El PC1 se correlacionó fuertemente con HI, BEDD, MTWM, MATWM, el peso del racimo y el peso de las bayas por racimo, mientras que el PC2 solo se correlacionó con la capacidad de retención de agua del suelo. El ACP permitió la diferenciación entre las localidades y los parámetros e índices medidos y/o calculados.

Figura 3. Análisis de componentes principales realizado con índices bioclimáticos calculados como el índice heliotérmico de Huglin (HI), grados días biológicamente efectivos (BEDD), temperatura máxima del mes más cálido (MTWM), temperatura promedio del mes más cálido (MATWM) e índice de fresco nocturno (CI), junto con los parámetros fisicoquímicos del suelo y los parámetros vitícolas y enológicos de viñedos Carignan ubicados en el Valle del Maule, Chile: El Peumal (Peu), Curtiduría (Cur), Melozal (Mel), Caliboro (Cal), Ciénaga de Name (Cdn), Huerta de Maule (Hdm), Santa Sofía (Sso), Pocillas (Poc), Truquilemu (Tru) y Sauzal (Sau)

Figure 3. Principal component analysis using bioclimatic indices such as Huglin's heliothermal index (HI), Biologically Effective Degree Days (BEDD), Maximum Temperature of the Warmest Month (MTWM), Average Temperature of the Warmest Month (MATWM) and Cool Night Index (CI), physicochemical soil parameters, and viticultural and oenological parameters for Carignan vineyards located within the Maule Valley, Chile: El Peumal (Peu), Curtiduría (Cur), Melozal (Mel), Caliboro (Cal), Ciénaga de Name (Cdn), Huerta de Maule (Hdm), Santa Sofía (Sso), Pocillas (Poc), Truquilemu (Tru) and Sauzal (Sau)



Fuente: elaboración propia. Los índices bioclimáticos se obtuvieron a partir de Martínez-Gil et al. (2018) y Gutiérrez-Gamboa et al. (2018a). Source: own elaboration. The bioclimatic indices were obtained from Martínez-Gil et al. (2018) and Gutiérrez-Gamboa et al. (2018a)

Las localidades de Tru y Cdn se correlacionaron positivamente con altos valores de peso de racimo, número y peso de bayas por racimo, y se correlacionaron de forma inversa con MTWM, HI, MATWM, BEDD y pH. El tamaño de la baya se establece después de la floración y está determinado por el número de divisiones celulares antes y después de la floración, por el nivel de extensión de estas células y por el grado de pérdida de peso (Coombe, 1976; Keller, 2020).

Tanto las temperaturas bajas (< 15 °C) como las altas (> 35 °C) pueden reducir la división celular antes de la fase de retraso del crecimiento de las bayas y, en consecuencia, limitar el tamaño de las bayas (Cohen *et al.*, 2012; Keller, 2020). Las localidades de Cal, Peu y Poc se correlacionaron positivamente con el peso de poda y el pH, y se correlacionaron de forma inversa con la acidez total. El estrés hídrico previo al envero puede limitar la acumulación de tartrato, mientras que después del envero, el contenido de tartrato por baya generalmente es estable y la disminución en la concentración de tartrato se atribuye principalmente al efecto de dilución causado por la expansión de la baya (Duchêne *et al.*, 2020; Mira de Orduña, 2010). La acumulación de ácido málico en las uvas también ocurre principalmente antes del envero, y el rango óptimo de temperatura para la acumulación es entre 20-25°C; pero cuando las temperaturas son superiores a 38°C, la síntesis disminuye considerablemente (Keller, 2020). Por su parte, la fuente de carbono para la respiración en las bayas después del envero cambia de glucosa a malato (Keller, 2020). El calentamiento en las etapas de envero y maduración redujo el contenido de malato, lo que es consistente con los efectos típicamente vistos en las estaciones cálidas (Sweetman *et al.*, 2014). La localidad de Hdm se relacionó positivamente con la longitud del raquis, mientras que Cdn se relacionó positivamente con el número de racimos y de brotes por vid, y se relacionó negativamente con el peso del racimo y con el número y peso de bayas por racimo. Las localidades de Sau y Mel se correlacionaron con un alto °Brix y un bajo CI, y se correlacionaron inversamente con el índice de Ravaz, la productividad de la vid, la profundidad del suelo y la capacidad de retención de agua.

La temperatura juega un papel importante en la acumulación de azúcar en las uvas y el rango óptimo de temperatura para la fotosíntesis de las hojas en las vides es entre 25 a 35°C (Hochberg *et al.*, 2015). Las altas temperaturas generalmente conducen a una aceleración de la acumulación de azúcar en las bayas, excepto en regiones extremadamente cálidas, donde las temperaturas superan el óptimo fotosintético durante una parte considerable de la temporada de crecimiento (Gutiérrez-Gamboa y Moreno-Simunovic, 2019; van Leeuwen y Seguin, 2006).

Conclusiones

Las condiciones edafoclimáticas afectaron ampliamente los parámetros vitícolas de las vides Carignan y la morfología del racimo, según su ubicación. Los sitios que presentaron condiciones restrictivas de suelo junto con un clima cálido como Sauzal (Sau) y Melozal (Mel) dieron lugar a una mayor acumulación de sólidos solubles en las bayas y un menor rendimiento e índice de Ravaz en las vides Carignan. Curtiduría (Cur), que presentó también condiciones restrictivas del suelo y un clima cálido, dio lugar a vides con un menor rendimiento y bayas con una alta acumulación de azúcar y poca acidez. En contraste a lo expuesto anteriormente, los suelos de Caliboro (Cal) presentaron la mayor capacidad de retención de agua, dando como resultado vides con altos valores en la mayoría de los parámetros vitícolas evaluados, tales como rendimiento, índice de Ravaz y peso de poda. Finalmente, se considera que estas evaluaciones deberían ser analizadas durante más temporadas, para establecer certeras conclusiones. Los resultados pueden ser relevantes para el manejo vitícola de los viñedos Carignan cultivados en condiciones de secano a lo largo del Valle del Maule.

Bibliografía

- Arozarena, I., Casp, A., Marín, R. y Navarro, M. (2000). "Multivariate Differentiation of Spanish Red Wines According to Region and Variety". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80(13): 1909-1917. DOI [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200010\)80:13<1909::aid-jsfa728>3.0.co;2-u](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200010)80:13<1909::aid-jsfa728>3.0.co;2-u)
- Cejudo-Bastante, MJ., del Barrio-Galán, R., Heredia, FJ., Medel-Marabolí, M. y Peña-Neira, Á. (2018). "Location Effects on the Polyphenolic and Polysaccharidic Profiles and Colour of Carignan Grape Variety Wines from the Chilean Maule Region". *Food Research International* 106: 729-735. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.054>
- Clarke, RJ. y Bakker, J. (2004). *Química del flavor del vino*. Zaragoza, Acribia.
- Cohen, S., Tarara, J., Gambetta, G., Matthews, M. y Kennedy, J. (2012). "Impact of Diurnal Temperature Variation on Grape Berry Development, Proanthocyanidin Accumulation, and the Expression of Flavonoid Pathway Genes". *Journal of Experimental Botany* 63(7): 2655-2665. DOI <https://doi.org/10.1093/jxb/err449>
- Coombe, BG. (1976). "The Development of Fleshy Fruits". *Annual Review of Plant Physiology* 27(1): 207-228. DOI <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.27.060176.001231>
- Deloire, A., Vaudour, E., Carey, V., Bonnardot, V. y van Leeuwen, C. (2005). "Grapevine Responses to Terroir: a Global Approach". *OENO One* 39(4): 149-162. DOI <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2005.39.4.888>
- Downey, MO., Dokoozlian, NK. y Krstic, M. (2006). "Cultural Practice and Environmental Impacts on the Flavonoid Composition of Grapes and Wine: A Review of Recent Research". *American Journal of Enology and Viticulture* 57: 257-268.
- Duchêne, É., Dumas, V., Butterlin, G., Jaegli, N., Rustenholz, C., Chauveau, A., Bérard, A., Le Paslier, MC., Gaillard, I. y Merdinoglu, D. (2020). "Genetic Variations of Acidity in Grape Berries are Controlled by the Interplay between Organic Acids and Potassium". *Theoretical and Applied Genetics* 133(3): 993-1008. DOI <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03524-9>
- Edo-Roca, M., Nadal, M. y Lampreave, M. (2013). "How Terroir Affects Bunch Uniformity, Ripening and Berry Composition in *Vitis vinifera* cvs. Carignan and Grenache". *Oeno ONE* 47: 1-20. DOI <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2013.47.1.1533>
- Galet, P. (1985). *Precis d'Ampelographie Practique*. Montpellier, Pierre Galet.
- Gálvez Dachelet, C. (2015). "El despertar del Carignan, una cepa que promete". En Aravena Alvarado R. (ed.). *Patrimonio vitivinícola de Chile. Aproximaciones a la cultura del vino*. Santiago de Chile, Biblioteca Nacional: 137-148.
- Garde-Cerdán, T., Gutiérrez-Gamboa, G., Fernández-Novales, J., Pérez-Álvarez, EP. y Diago, MP. (2018). "Towards the Definition of Optimal Grape Harvest Time in Grenache Grapevines: Nitrogenous Maturity". *Scientia Horticulturae* 239: 9-16. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.05.014>

- Gómez Díaz, V. (1924). *Agenda agrícola*. Santiago de Chile, Imprenta Universo.
- Guilpart, N., Metay, A. y Gary, C. (2014). "Grapevine Bud Fertility and Number of Berries Per Bunch are Determined by Water and Nitrogen Stress Around Flowering in the Previous Year". *European Journal of Agronomy* 54: 9-20. DOI <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.11.002>
- Gutiérrez-Gamboa, G., Carrasco-Quiroz, M., Martínez-Gil, AM., Pérez-Álvarez, EP., Garde-Cerdán, T. y Moreno-Simunovic, Y. (2018a). "Grape and Wine Amino Acid Composition from Carignan Noir Grapevines Growing under Rainfed Conditions in the Maule Valley, Chile: Effects of Location and Rootstock". *Food Research International* 105: 344-352. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.021>
- Gutiérrez-Gamboa, G., Carrasco-Quiroz, M., Verdugo-Vásquez, N., Díaz-Gálvez, I., Garde-Cerdán, T. y Moreno-Simunovic, Y. (2018b). "Characterization of Grape Phenolic Compounds of 'Carignan' Grapevines Grafted onto 'País' Rootstock from Maule Valley (Chile): Implications of Climate and Soil Conditions". *Chilean Journal of Agricultural Research* 78(2): 310-315. DOI <https://doi.org/10.4067/s0718-58392018000200310>
- Gutiérrez-Gamboa, G., Garde-Cerdán, T., Carrasco-Quiroz, M., Pérez-Álvarez, EP., Martínez-Gil, AM., del Alamo-Sanza, M. y Moreno-Simunovic, Y. (2018c). "Volatile Composition of Carignan Noir Wines from Ungrafted and Grafted onto País (*Vitis vinifera* L.) Grapevines from Ten Wine-Growing Sites in Maule Valley, Chile". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98(11): 4268-4278. DOI <https://doi.org/10.1002/jsfa.8949>
- Gutiérrez-Gamboa, G., Verdugo-Vásquez, N., Carrasco-Quiroz, M., Garde-Cerdán, T., Martínez-Gil, A.M., Moreno-Simunovic, Y. (2018d). "Carignan Phenolic Composition in Wines from Ten Sites of the Maule Valley (Chile): Location and Rootstock Implications". *Scientia Horticulturae* 234: 63-73. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.013>
- Gutiérrez-Gamboa, G. y Moreno-Simunovic, Y. (2019). "Terroir and Typicity of Carignan from Maule Valley (Chile): The Resurgence of a Minority Variety". *OENO One* 53(1): 75-93. DOI <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2019.53.1.2348>
- _____. (2018). "Location Effects on Ripening and Grape Phenolic Composition of Eight 'Carignan' Vineyards from Maule Valley (Chile)". *Chilean Journal of Agricultural Research* 78(1): 139-149. DOI <https://doi.org/10.4067/s0718-58392018000100139>
- Gutiérrez-Gamboa, G., Verdugo-Vásquez, N. y Díaz-Gálvez, I. (2019). "Influence of Type of Management and Climatic Conditions on Productive Behavior, Oenological Potential, and Soil Characteristics of a 'Cabernet Sauvignon' Vineyard". *Agronomy* 9(2): 64. DOI <https://doi.org/10.3390/agronomy9020064>
- Hochberg, U., Batushansky, A., Degu, A., Rachmilevitch, S. y Fait, A. (2015). "Metabolic and Physiological Responses of Shiraz and Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) to Near Optimal Temperatures of 25 and 35°C". *International Journal of Molecular Sciences* 16(10): 24276-24294. DOI <https://doi.org/10.3390/ijms161024276>

- Izquierdo, S. (1930). *Catálogo general descriptivo e ilustrado del Criadero de Árboles de "Santa Inés" (Nos), Chile*. Santiago de Chile, La Ilustración.
- Jackson, DI. y Lombard, PB. (1993). "Environmental and Management Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality. A Review". *American Journal of Enology and Viticulture* 44: 409-430.
- Keller, M. (2020). *The Science of Grapevines. Anatomy and Physiology*. Cambridge, Academic Press.
- Kennedy, JA., Matthews, MA. y Waterhouse, AL. (2002). "Effect to Maturity and Wine Water Status on Grape Skin and Wine Flavonoids". *American Journal of Enology and Viticulture* 53: 268-274.
- Martínez-Gil, AM., Gutiérrez-Gamboa, G., Garde-Cerdán, T., Pérez-Álvarez, EP. y Moreno-Simunovic, Y. (2018). "Characterization of Phenolic Composition in Carignan Noir Grapes (*Vitis vinifera* L.) from Six Wine-Growing Sites in Maule Valley, Chile". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98(1): 274-282.
DOI <https://doi.org/10.1002/jsfa.8468>
- Mira de Orduña, R. (2010). "Climate Change Associated Effects on Grape and Wine Quality and Production". *Food Research International* 43(7): 1844-1855.
DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.001>
- Moreno, Y. y Vallarino, J. (2011). *Manual de consulta de cultivares y portainjertos de vides para vinificación*. Santiago de Chile, Origo.
- OIV. (2003). *Compendium of Internationals Methods of Wine and Must Analysis*. París, OIV.
- _____. (2001). *OIV Descriptor List for Grape Varieties and Vitis Species*. 2da edición. París, OIV.
- Reynolds, AG. y Naylor, AP. (1994). "'Pinot Noir' and 'Riesling' Grapevines Respond to Water Stress Duration and Soil Water-Holding Capacity". *HortScience* 29(12): 1505-1510.
- Rojas, M. (1897). *Tratado de viticultura y vinificación*. 1era. edición. Santiago de Chile, Imprenta y Encuadernación Barcelona.
- Sánchez, LA. y Dokoozlian, NK. (2005). "Bud Microclimate and Fruitfulness in *Vitis vinifera* L.". *American Journal of Enology and Viticulture* 56: 319-329.
- Sweetman, C., Sadras, VO., Hancock, RD., Soole, KL. y Ford, CM. (2014). "Metabolic Effects of Elevated Temperature on Organic Acid Degradation in Ripening *Vitis vinifera* Fruit". *Journal of Experimental Botany* 65(20): 5975-5988.
- Ubalde, JM., Sort, X., Poch, RM. y Porta, M. (2007). "Influence of Edapho-Climatic Factors on Grape Quality in Conca de Barberà Vineyards (Catalonia, Spain)". *OENO One* 41: 33-41.

- van Leeuwen, C., Friant, P., Choné, X., Tregoat, O., Koundouras, S. y Dubourdieu, D. (2004). "Influence of Climate, Soil and Cultivar on Terroir". *American Journal of Enology and Viticulture* 55: 207-217.
- van Leeuwen, C. y Seguin, G. (2006). "The Concept of Terroir in Viticulture". *Journal of Wine Research* 17(1): 1-10.
- van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D. y Gaudillère, JP. (2009). "Vine Water Status is a Key Factor in Grape Ripening and Vintage Quality for Red Bordeaux Wine. How Can it Be Assessed for Vineyard Management Purposes?". *OENO One* 43(3): 121-134. DOI <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2009.43.3.798>
- Vasconcelos, MC., Greven, M., Winefield, CS., Trought, MCT. y Raw, V. (2009). "The Flowering Process of *Vitis vinifera*: A Review". *American Journal of Enology and Viticulture* 60(4): 411-434.
- Zheng, W., García, J., Balda, P. y Martínez de Toda, F. (2017). "Effects of Severe Trimming After Fruit Set on the Ripening Process and the Quality of Grapes". *Vitis* 56(1): 27-33.

* * *

RECIBIDO: 09/06/2020
VERSIÓN FINAL RECIBIDA: 13/08/2020
APROBADO: 18/08/2020
PUBLICADO: 26/01/2021

