

## Capítulo 5.

# Resurgimiento del Carignan en el secano de Cauquenes y el Maule: potencial enológico de acuerdo a condiciones edafoclimáticas

Gastón Gutiérrez G.

Yerko Moreno S.

Durante los últimos años, ciertas variedades minoritarias de uva vinífera relegadas durante décadas por la industria del vino chileno han resurgido como resultado de las nuevas estrategias de marketing de las compañías vitivinícolas y de los cambios en los hábitos de consumo, permitiendo la recuperación económica y social de los productores de estas variedades. Una de éstas, corresponde al Carignan o cariñena, variedad que ha tenido un gran resurgimiento durante los últimos años debido, principalmente, al gran potencial enológico que posee, produciendo vinos frutales y de gran frescor. Por el contrario, la variedad País no ha tenido tal resurgimiento, debido a su rusticidad, que le permite tolerar altas condiciones de estrés hídrico comparado a la mayoría de las vides vinífera cultivadas en Chile. Es usada como alternativa productiva para la viticultura de secano, específicamente como portainjerto de variedades menos resistentes como el Carignan.

De forma adicional, la variedad País puede tolerar la afección de diversos nemátodos y otras plagas del suelo, característica importante en los suelos del Valle del Maule, los cuales poseen, en su mayoría, texturas franco arenosa o franco arcillo arenosa, en donde las poblaciones de nemátodos pueden dar lugar a problemas productivos.

Por otro lado, estas variedades han sido tradicionalmente cultivadas por pequeños productores del secano de Cauquenes, zona ubicada en el área vitivinícola centro-sur de Chile. En general, las vides son cultivadas sin riego y conducidas de forma libre, siguiendo las costumbres tradicionales de la zona.

El Valle del Maule posee una superficie total de 722 hectáreas de Carignan, lo que representa alrededor del 80% del total nacional, por lo que es la región vitivinícola más gran de Chile. Se expande de este a oeste desde las colinas de los pies de la Cordillera de los Andes hasta la Cordillera de la Costa, próxima al Océano Pacífico. Estas grandes variaciones en los suelos, así como también de las condiciones climáticas imperantes, permiten diferencias en la composición y estilo de los vinos producidos.

El origen del Carignan en Chile es difuso, sin embargo, la mayoría de los enólogos y viticultores productores de esta variedad concuerdan que los primeros esquejes de vid fueron traídos desde el Sur de Francia, posterior al Terremoto de

Chillán ocurrido el 24 de enero del año 1939, el cual devastó la vitivinicultura de los Valles del Maule, Biobío e Itata. El objetivo de importar vides de la variedad Carignan desde Francia, en ese entonces, fue mejorar el color y frescor de los vinos producidos a partir de la uva País, variedad que predominaba la vitivinicultura de la zona. Actualmente, los vinos Carignan se asocian, principalmente, a la marca colectiva “VIGNO”, la cual ha atraído la atención de críticos y especialistas del mundo del vino, quienes año a año visitan la zona y se deleitan de sus particularidades económicas, sociales y medioambientales. VIGNO (Viñadores de Carignan) se ha destacado por aunar esfuerzos para mejorar el posicionamiento del Valle del Maule y su oferta productiva, a través de diversas estrategias de diferenciación. En este sentido, VIGNO, viñateros independientes tales como MOVI (Movimiento de Viñateros Independientes) entre otros, han hecho una innovación importante en el comercio del vino chileno, el cual combina a pequeños y grandes productores del Valle del Maule bajo una visión de mercado unificada. Esto último ha permitido el beneficio económico del sector rural de la Región.

El objetivo del presente capítulo es mostrar resultados sobre el potencial enológico de las uvas y los vinos producidos a partir de vides Carignan, de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas imperantes en el Valle del Maule, Loncomilla, Melozal, Huerta de Maule, El Peumal y Curtiduría, zonas que corresponden al Secano del Maule y a localidades del Valle de Tutuvén como Sauzal, Santa Sofía, Truquilemu y Ciénaga de Name (Foto 5.1.).



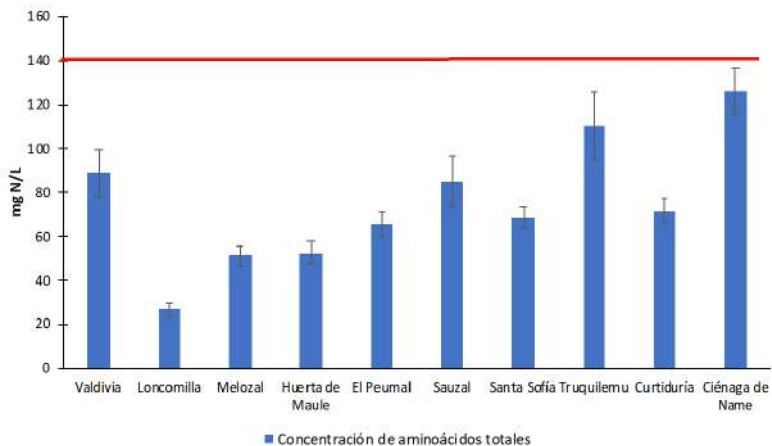
**Foto 5.1.** Cepas Carignan plantadas a lo largo del Valle del Maule, bajo distintas condiciones edafoclimáticas.

## 5.1. Efectos de las condiciones edafoclimáticas

### 5.1.1. Contenido de nitrógeno en las vides Carignan del Valle del Maule

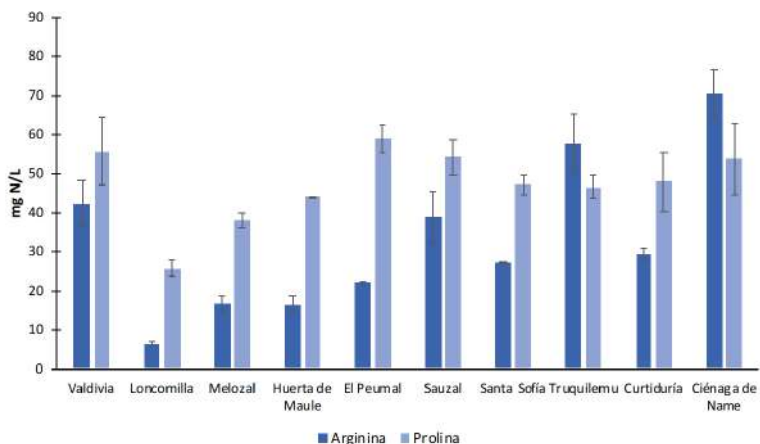
La composición nitrogenada de la uva afecta el crecimiento y el metabolismo de las levaduras, lo cual tiene un importante impacto en el desarrollo de la fermentación alcohólica. Durante este proceso, las levaduras consumen aminoácidos, los cuales, son usados para formar una variada cantidad de compuestos volátiles que son responsables del aroma frutal del vino. El amonio y los aminoácidos, sin considerar la prolina, son las principales fuentes nitrogenadas usadas por las levaduras su crecimiento y desarrollo durante la fermentación alcohólica. En este sentido, se ha establecido que una concentración por debajo de 140 mg N/L de nitrógeno fácilmente asimilable (NFA), podría dar lugar a ralentizaciones o paradas de la fermentación alcohólica, lo cual es un problema importante en la economía y en la logística de la bodega. El nitrógeno fácilmente asimilable por las levaduras está constituido por el amonio y por los aminoácidos sin considerar la prolina ya que este aminoácido solo se asimila en ambientes oxigenados, lo que no ocurre durante la fermentación alcohólica y cuando los demás aminoácidos están en una concentración muy baja en los mostos. En este sentido, las uvas Carignan provenientes de los diferentes sitios del Valle del Maule, presentan en su mayoría una concentración de aminoácidos muy por debajo del este umbral (Figura 5.1.). En la viticultura de secano, la disponibilidad de nitrógeno para las vides está fuertemente condicionada por la presencia de agua en el suelo, la cual es provista, principalmente, por las lluvias que caen en invierno o principios de primavera.

El contenido de aminoácidos en la uva Carignan varió de 27,0 a 126,1 mg N/L en los viñedos pertenecientes a los sitios Loncomilla y Ciénaga de Name, respectivamente. De acuerdo con investigaciones previas, el índice de frescor nocturno (IF) se relacionó de forma inversa con el contenido total de aminoácidos. Por lo tanto, es posible que las vides que crecen en sitios con temperaturas nocturnas más frías previo al mes de cosecha (Truquilemu y Ciénaga de Name), pueden prolongar su tiempo de maduración, promoviendo la síntesis de metabolitos secundarios, en este caso, de aminoácidos. Debido a la baja disponibilidad de nitrógeno en las vides que crecen en condiciones de secano, la adición de nitrógeno inorgánico como fosfato diamónico (DAP de su sigla en inglés), o de nitrógeno orgánico como aminoácidos en los mostos, puede ser una alternativa para prevenir problemas asociados a deficiencias de nitrógeno en los mostos.



**Figura 5.1.** Concentración de nitrógeno fácilmente asimilable (mg N/L) de las uvas Carignan provenientes de distintos sitios del Valle del Maule. La barra horizontal roja indica la concentración umbral (140 mg N/L) para evitar paradas o ralentizaciones de la fermentación alcohólica.

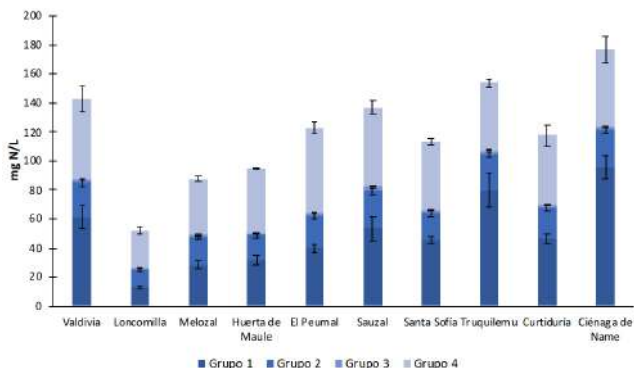
La arginina es una de las fuentes nitrogenadas más importantes usadas por las levaduras, junto con el amonio. Por el contrario, dentro de las fuentes aminoacídicas, la prolina generalmente no es asimilada por las levaduras. Respecto a lo observado en la Figura 5.2., la concentración de arginina en la uva Carignan proveniente de vides de distintos sitios del Valle del Maule varió entre 6,5 a 70,5 mg N/L en los sitios Loncomilla y Ciénaga de Name, respectivamente. Asimismo, el contenido de prolina en las uvas Carignan varió entre 25,8 a 59,9 mg N/L en los sitios Loncomilla y El Peumal, respectivamente. De esta forma, las variedades de vid vinífera se pueden clasificar en dos categorías, dependiendo de su capacidad de sinterizar estos aminoácidos. En este sentido, dos variedades pueden tener el mismo contenido total de aminoácidos; sin embargo, el cultivar que acumula una mayor cantidad de prolina en relación con la arginina tendrá una menor cantidad de nitrógeno fácilmente asimilable por las levaduras, comparado a la variedad que acumula una mayor concentración de arginina con relación a la prolina. Las vides Carignan tienden a acumular una concentración mayor de prolina (no asimilable) que arginina (asimilable) (Figura 5.2.). Sin embargo, las vides que crecen en los sitios más frescos acumulan una mayor concentración de arginina (asimilable) que prolina (no asimilable). Por lo tanto, para evitar paradas o ralentizaciones en el proceso de fermentación alcohólica de los mostos provenientes de las vides Carignan del Valle del Maule, es importante generar estrategias preventivas para soslayar problemas logísticos en la bodega, uso innecesario de insumos, así como también la producción de aromas indeseados en el vino, especialmente cuando el nitrógeno fácilmente asimilable es bajo.



**Figura 5.2.** Relación prolina arginina de las uvas Carignan provenientes de distintos sitios del Valle del Maule.

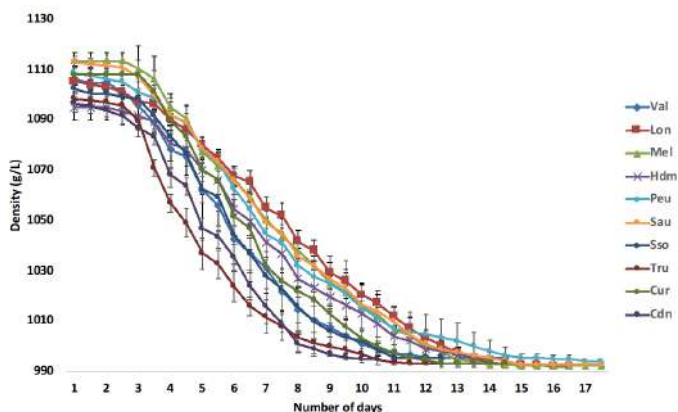
Los aminoácidos se clasifican en distintos grupos en relación con su asimilación por parte de las levaduras. Los aminoácidos de fácil asimilación son el ácido aspártico, la arginina, la asparagina, la glutamina, la isoleucina, la leucina, la lisina, la metionina, la serina y la treonina. Los aminoácidos medianamente asimilables por las levaduras son el ácido glutámico, la alanina, la fenilalanina, la histidina y la valina. Los aminoácidos categorizados como poco asimilables por las levaduras son la cisteína, la citrulina, la glicina, la ornitina y la tirosina. Por último, la hidroxiprolina y la prolina no son asimilables por las levaduras en las condiciones normales de fermentación alcohólica.

De acuerdo a los datos exhibidos, la uva Carignan presenta una mayor cantidad de aminoácidos no asimilables por las levaduras, lo cual fue evidenciado en la mayoría de los sitios a excepción de las localidades Truquilemu y Ciénaga de Name, las cuales poseen condiciones climáticas más frescas (Figura 5.3.). En estos sitios, se observa que la uva Carignan acumula una mayor cantidad de aminoácidos asimilables por las levaduras.



**Figura 5.3.** Proporción de aminoácidos agrupados en: 1) asimilables, 2) medianamente asimilables, 3) poco asimilables y 4) no asimilables por las levaduras (mg N/L) de las uvas Carignan provenientes de distintos sitios del secano del Maule.

Como se ha mencionado, la concentración de aminoácidos en la uva determina el desarrollo y el éxito de la fermentación alcohólica. De acuerdo a la Figura 5.4., la fermentación alcohólica se desarrolló de manera más rápida en las muestras provenientes de los sitios Truquilemu y Ciénaga de Name comparado al resto. Estos resultados sugieren que una alta concentración de aminoácidos fácilmente asimilables puede facilitar el proceso de fermentación alcohólica, tal como ha sido mostrado por diversos autores en investigaciones previas.

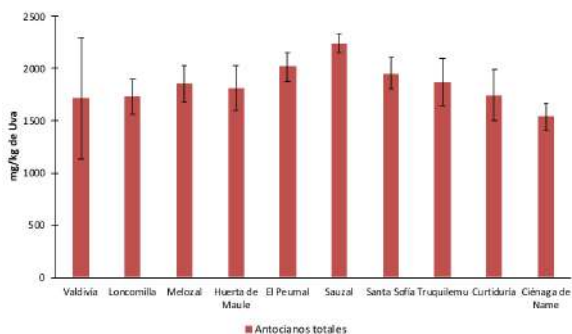


**Figura 5.4.** Cinética de fermentación de mostos provenientes de uvas Carignan de distintos sitios del Valle del Maule. Peu: El Peumal, Sau: Sauzal, Sso: Santa Sofia, Tru: Truquilemu, Cur: Curtiduría, Cdn: Ciénaga de Name, Val: Valdivia, Lon: Loncomilla, Mel: Melozal, Hdm: Huerta de Maule.

## 5.1.2. Compuestos fenólicos de la uva Carignan del Valle del Maule

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios producidos por las plantas y se sintetizan a medida que las plantas están expuestas a diversos factores de estrés. Existen distintas clases de compuestos fenólicos que incluyen, principalmente, ácidos fenólicos, estilbenos y flavonoides (antocianos, flavonoles, monómeros de flavanoles o comúnmente denominados taninos y proantocianidinas). Cada familia de compuestos fenólicos es particularmente importante debido a su efecto en la calidad de la uva y el vino. De forma general, estos compuestos juegan un rol clave en el color de los vinos y en las sensaciones de amargor y astringencia de uvas y vinos. El contenido y composición de los compuestos fenólicos en la uva y por consecuencia en el vino, dependen fundamentalmente de la variedad. Otros factores, como el tipo de suelo, la topografía, las condiciones climáticas, el material vegetal (portainjerto y cultivar), las prácticas vitícolas, y también las interacciones, entre estos factores, pueden incidir conjuntamente en el contenido de estos compuestos en la uva y el vino.

Los antocianos son los responsables del color de los vinos tintos. En la mayoría de las variedades de vid, estos compuestos se localizan en el hollejo de las bayas. Dependiendo de la añada, los antocianos de la uva descritos para la variedad Carignan, provenientes del Valle del Maule, presentan una mayor concentración que lo mostrado por ciertos autores en diversos valles de importancia, en donde se cultiva esta variedad a nivel mundial. Tal como muestra la Figura 5.5., la concentración total de antocianos en la uva Carignan proveniente del Valle del Maule varió entre 1.542,2 y 2.244,2 mg/kg en las localidades de Ciénaga de Name y Sauzal, respectivamente, en donde la antocianina mayoritaria fue la malvidina-3-glucosido. En base a esto, el Valle del Maule puede proporcionar condiciones favorables para la síntesis de compuestos antocianos en la variedad Carignan.

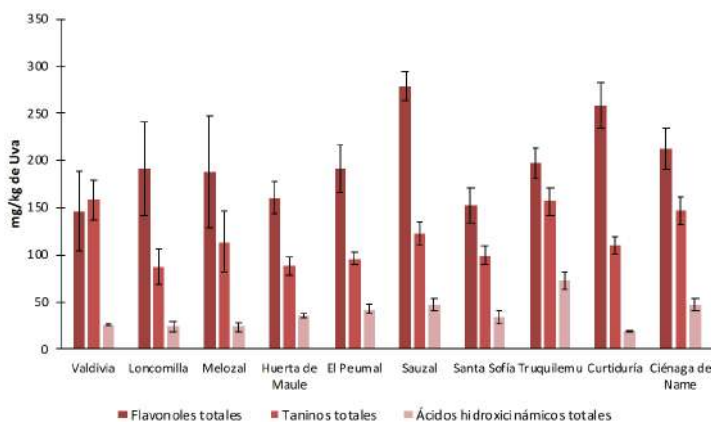


**Figura 5.5.** Concentración total de antocianos (mg/kg) de las uvas Carignan provenientes de distintos sitios del Valle del Maule.

Los flavonoles son los responsables del color amarillo de las pieles y los vinos de las variedades blancas y de una parte del color amarillo de los vinos tintos. La Figura 5.6. muestra resultados obtenidos al evaluar vinos Carignan del Maule. El contenido total de flavonoles de la uva Carignan del Valle del Maule varió entre 160,6 y 279,6 mg/kg en las localidades de Huerta de Maule y Sauzal, respectivamente, en donde el flavonol mayoritario fue la miricetina-3-glucósido.

Los flavanoles o comúnmente llamados taninos, son responsables del carácter amargo y astringente de los vinos, aportando a su cuerpo y estructura. El contenido del total de taninos de la uva Carignan del Valle del Maule varió entre 86,9 y 158,1 mg/kg en las localidades de Loncomilla y Valdivia, respectivamente, donde el tanino mayoritario fue la catequina.

Los ácidos hidroxicinámicos pueden actuar como sustratos de oxidación por lo que son precursores del pardeamiento oxidativo de los mostos, es decir, al proceso por el cual los alimentos toman un color marrón. El contenido total de estos compuestos varió entre 18,7 y 73,4 mg/kg en las localidades de Curtiduría y Truquilemu, respectivamente, en donde el compuesto mayoritario fue el ácido caftarico, considerado como un compuesto de alta actividad antioxidante. Parece ser que la síntesis de taninos y ácidos hidroxicinámicos en la uva se ve influenciado por temperaturas más frescas el mes previo a la cosecha. De esta forma, el contenido de los compuestos fenólicos de la uva Carignan del Valle del Maule se ve influenciada, principalmente, por las características climáticas en relación a las temperaturas nocturnas (índice de frescor nocturno) y por las condiciones edafológicas que presentan los sitios, en especial por la capacidad de estanque de los suelos.



**Figura 5.6.** Concentración total de flavonoles, taninos (flavan-3-ol) y ácidos hidroxicinámicos (mg/kg) de las uvas Carignan provenientes de distintos sitios del Valle del Maule.





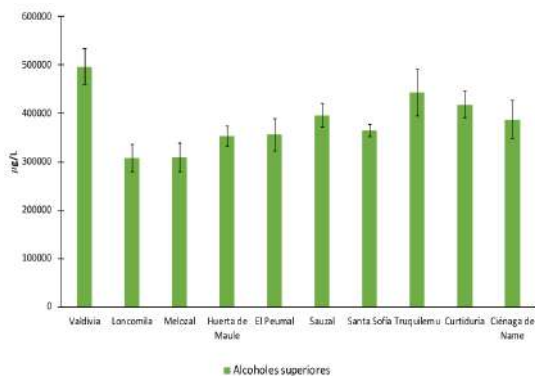
**Foto 5.2.** Racimos de cepas Carignan plantadas a lo largo del Valle del Maule, presentando diversos grados de maduración.

### 5.1.3. Compuestos volátiles del vino Carignan del Valle del Maule

El aroma del vino se compone de una serie de familias de compuestos volátiles los que contribuyen de forma diferencial a su aroma. Entre los más importantes son los terpenos, los compuestos C6, los C13 norisoprenoides, los alcoholes superiores, los ésteres, y los ácidos grasos.

#### Alcoholes superiores

Estos compuestos se producen tras la acción de las levaduras durante el desarrollo de la fermentación alcohólica y su contenido depende de la concentración nitrogenada del mosto. En este sentido, los aminoácidos como la leucina, la isoleucina, la valina, la treonina y la fenilalanina son precursores de 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-propanol, n-propanol y 2-phenylethanol, respectivamente, los cuales son los alcoholes superiores más abundantes. El 2-phenylethanol contribuye al aroma floral y de miel de los vinos. La concentración total de alcoholes superiores en los vinos Carignan varió entre 30,9 a 49,7 mg/L en los sitios Loncomilla y Melozal (Figura 5.7.).



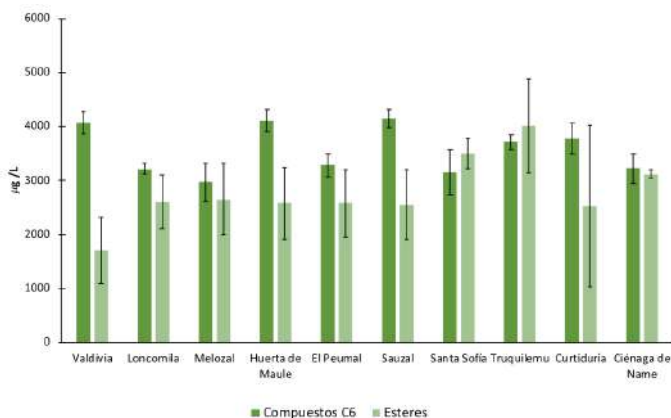
**Figura 5.7.** Concentración total de alcoholes superiores\* (µg/L) de los vinos Carignan provenientes de vides plantadas en distintos sitios del Valle del Maule.

\*Considera los compuestos volátiles 3-metil-1-butanol, 2-metil-1-butanol, 2-feniletanol, 1-propanol, alcohol benzílico e isobutanol.

## Compuestos C6 y ésteres

Los compuestos C6 son un grupo de compuestos que se forman en los procesos de pre-fermentación que incluyen la vendimia, el transporte, la trituración y el prensado, así como también durante el eventual calentamiento del mosto o la maceración de la uva. Se les atribuye un fuerte carácter verde y herbáceo por lo que son responsables del aroma a hierbas y pastos encontrados en los vinos. Respecto a los vinos Carignan del Valle del Maule, el contenido total de compuestos C6 varió entre 2.972,2 y 4.149,6  $\mu\text{g/L}$  en las localidades de Santa Sofía y Cauquenes, respectivamente.

Los ésteres son compuestos volátiles que contribuyen fuertemente al aroma del vino debido a que le otorgan características frutales y florales. Los ésteres se forman a partir de aminoácidos durante el desarrollo de la fermentación alcohólica. Respecto a su contenido en los vinos Carignan del Valle del Maule (Figura 5.8.), éste varió entre 1.704,1 a 3.117,4  $\mu\text{g/L}$  en las localidades de Valdivia y Ciénaga de Name, respectivamente. Cabe destacar también, que los sitios Truquilemu y Santa Sofía alcanzaron altos contenidos totales de ésteres en los vinos resultantes, en comparación a los vinos obtenidos de los demás sitios de estudio. En este caso, el contenido total de ésteres pudo haber sido influenciado por la cantidad de aminoácidos de la uva. Es así como, en sitios más frescos, las vides pueden prolongar el período de maduración de la uva, mejorando la biosíntesis de metabolitos secundarios, lo que a su vez puede traducirse en la obtención de vinos con una mayor concentración de compuestos volátiles.



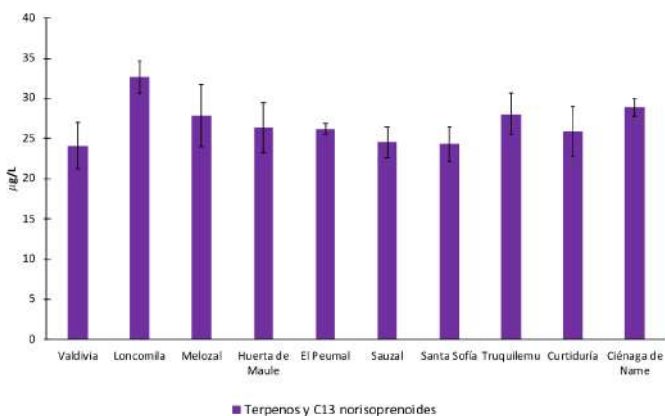
**Figura 5.8.** Concentración total de compuestos C6\* y de ésteres\*\* ( $\mu\text{g/L}$ ) de los vinos Carignan provenientes de vides plantadas en distintos sitios del Valle del Maule.

\*Considerando los siguientes compuestos volátiles: 1-hexanol, trans-3-hexen-1-ol y cis-3-hexen-1-ol.

\*\*Considerando a: decanoato de etilo, hexanoato de etilo, octanoato de etilo, acetato de isoamilo y acetato 2-feniletilo.

## Terpenos y C<sub>13</sub> norisoprenoides

Los terpenos y C<sub>13</sub> norisoprenoides son compuestos que forman parte del aroma varietal de la uva otorgándole aromas florales y frutales. El contenido de estos compuestos en las uvas depende fundamentalmente de su exposición a la luz y al efecto de las temperaturas. Los terpenos contribuyen principalmente al aroma floral, amoscotelado, y cítrico de los vinos, mientras que los C<sub>13</sub> norisoprenoides se caracterizan por otorgar aromas a flores exóticas, compota de manzana, violetas y rosas. Respecto al contenido de estos compuestos en los vinos Carignan, la concentración total de terpenos y C<sub>13</sub> norisoprenoides varió entre 24,1 a 32,6 µg/L en los sitios Valdivia y Loncomilla, respectivamente (Figura 5.9).

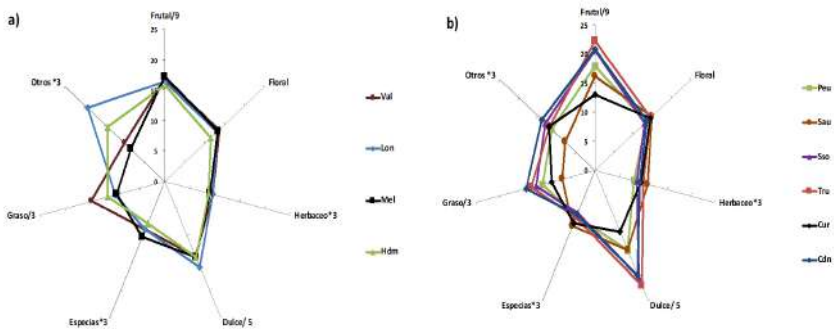


**Figura 5.9.** Concentración total de terpenos y C13 norisoprenoides\* (µg/L) de los vinos Carignan provenientes de vides plantadas en distintos sitios del Valle del Maule.

\*Considerando los siguientes compuestos volátiles: alfa-terpineol, beta-damascenona, citronelol y linalool.

## Perfil aromático de los vinos Carignan

De acuerdo con los resultados obtenidos en los vinos provenientes de distintos sitios del Valle del Maule, se determina que la variedad Carignan es aromáticamente neutra. Los vinos más frutales y dulces resultaron de las vides plantadas en las localidades de Santa Sofía, Truquilemu y Ciénaga de Name, los cuales poseen las condiciones más frescas dentro del Valle del Maule. Para los sitios Truquilemu y Ciénaga de Name, el perfil aromático concuerda con la composición de aminoácidos de la fruta y a su vez con el contenido de ésteres del vino. En este sentido, los sitios más frescos resultan en vinos más aromáticos, mientras que los sitios más cálidos resultan en vinos más astringentes y complejos (Figura 5.10.).



**Figura 5.10.** Atributos sensoriales de los vinos Carignan provenientes de vides plantadas en distintos sitios del Valle del Maule (Chile): a) vinos provenientes de los sitios Valdivia (Val), Loncomilla (Lon), Melozal (Mel), Huerta de Maule (Hdm); b) vinos provenientes de los sitios El Peumal (Pau), Sauzal (Sau), Santa Sofía (Sso), Truquilemu (Tru), Curtiduría (Cur) y Ciénaga de Name (Cdn).

## 5.2. Conclusión

El Valle del Maule y Cauquenes, sectores de secano, presentan condiciones particulares para el cultivo de la variedad Carignan, otorgando uvas y vinos de calidad diferenciada que pueden perfectamente competir con otras variedades más asentadas dentro de la industria vitivinícola nacional. En este sentido, el estudio de variedades minoritarias dentro de nuestra vitivinicultura es primordial, debido a su particular importancia en evitar la pérdida de un patrimonio único, otorgando, a su vez, productos con sentido de identidad proveniente de zonas rurales y vulnerables.

## Literatura recomendada

Arias-Gil, M., Garde-Cerdán, T., Ancín-Azpilicueta, C. 2007. Influence of addition of ammonium and different amino acid concentrations on nitrogen metabolism in spontaneous must fermentation. *Food Chem.* 103, 1312-1318.

Bell, SJ., Henschke, PA. 2005. Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *Aust. J. Grape Wine Res.* 11, 242-295.

Bisson, LF., Butzke, CE. 2000. Diagnosis and rectification of stuck and sluggish fermentations. *Am. J. Enol. Vitic.* 51, 168-177.

Cai, J., Zhu, BQ., Wang, YH., Lu, L., Lan, YB., Reeves, MJ., Duan, CQ. 2014. Influence of pre-fermentation cold maceration treatment on aroma compounds of Cabernet Sauvignon wines fermented in different industrial scale fermenters. *Food Chem.* 154, 217-229.

Carrascosa, A. V., Muñoz, R., & González, R. 2011. *Molecular wine microbiology.* New York: Academia Press.

Cejudo-Bastante, MJ., del Barrio-Galán, R., Heredia, FJ., Medel-Marabolí, M., Peña-Neira, A. 2018. Location effects on the polyphenolic and polysaccharidic profiles and colour of Carignan grape variety wines from the Chilean Maule región. *Food Res. Int.* 106, 729-735.

Du Toit, WJ, Marais, J., Pretorius, IS., Du Toit, M. 2006. Oxygen in must and wine: A review. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 27, 76-94.

Gutiérrez-Gamboa, G., Garde-Cerdán, T., Gonzalo-Diago, A., Moreno-Simunovic, Y., Martínez-Gil, AM. 2017. Effect of different foliar nitrogen applications on the must amino acids and glutathione composition in Cabernet Sauvignon vineyard. *LWT Food Sci. Technol.* 75, 147-154.

Gutiérrez-Gamboa, G., Moreno-Simunovic, Y. 2018. Location effects on ripening and grape phenolic composition of eight 'Carignan' vineyards from Maule Valley Chile. 78, 139-149.

Gutiérrez-Gamboa, G., Garde-Cerdán, T., Carrasco-Quiroz, M., Pérez-Álvarez, EP., Martínez-Gil, AM., Del Alamo-Sanza, M., Moreno-Simunovic, Y. 2018a. 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. *J. Sci. Food Agric.* 98, 4268-4278.

Gutiérrez-Gamboa, G., Carrasco-Quiroz, M., Verdugo-Vásquez, N., Díaz-Galvéz, I., Garde-Cerdán, T., 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. *Chil. J. Agric. Res.* 78, 310–315.

Gutiérrez-Gamboa, G., Verdugo-Vásquez, N., Carrasco-Quiroz, M., Garde-Cerdán, T., Martínez-Gil, AM., Moreno-Simunovic, Y. 2018c. Carignan phenolic composition in wines from ten sites of the Maule Valley (Chile): Location and rootstock implications. *Sci. Hort.* 234, 63–73.

Gutiérrez-Gamboa, G., Carrasco-Quiroz, M., Martínez-Gil, AM., Pérez-Álvarez, EP., Garde-Cerdán, T., Moreno-Simunovic, Y. 2018d. 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 Res. Int.* 105, 344–352.

Gutiérrez-Gamboa, Marín-San Román, S., Jofré, V., Rubio-Bretón, P., Pérez-Álvarez, EP., Garde-Cerdán, T. 2018e. Effects on chlorophyll and carotenoid contents in different grape varieties (*Vitis vinifera* L.) after nitrogen and elicitor foliar applications to the vineyard. *Food Chem.* 269, 380–386.

Hermosín-Gutiérrez, I., González, I. 2003. Influence of ethanol content on the extend of copigmentation in a Cencibel young red wine. *J. Agric. Food Chem.* 51, 4079–4083.

Huang, Z., Ough, CS. (1989). Effect of vineyard locations, varieties, and rootstocks on the juice amino acid composition of several cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.* 40, 135–139.

Martínez-Gil, AM., Gutiérrez-Gamboa, G., Garde-Cerdán, T., Pérez-Álvarez, EP., Moreno-Simunovic, Y. (2018). Characterization of phenolic composition in Carignan noir grapes (*Vitis vinifera* L.) froms ix wine-growing sites in Maule Valley, Chile. *J. Sci. Food Agric.* 98, 274–282.

Mendes-Ferreira, A., Cosme, F., Barbosa, C., Falco, V., Inês, A., Mendes-Faia, A. (2010). Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. *Int. J. Food Microbiol.* 144, 193–198.

Rapp, A., Versini, G. 1991 Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds in wine. *Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine*, Seattle, USA (American Society of Enology and Viticulture: Davis, CA) pp. 156–164.

SAG, Catastro Vitícola Nacional, Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago, Chile [Online]. Available: <http://www.sag.gob.cl> [5 November 2017].

Singleton, VL., Zaya, J., Trousdale, E., Salgues, M. 1984. Caftaric acid in grapes and conversion to a reaction product during processing. *Vitis*. 23, 113-120.

Ubeda, C., del Barrio-Galán, R., Peña-Neira, A., Medel-Marabolí, M., Durán-Guerrero, E. 2017a. Location effects on the aromatic composition of monovarietal cv. Carignan wines. *Am. J. Enol. Vitic.* In Press.

Ubeda, C., Gil I Cortiella, M., del Barrio-Galán, R., Peña-Neira, A. 2017b. Influence of maturity and vineyard location on free and bound aroma compounds of grapes from the País cultivar. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 38, 201-211.

Vilanova, M., Oliveira, JM. 2012. Application of gas chromatography on the evaluation of grape and wine aroma in Atlantic viticulture (NW Iberian Peninsula), (Ed) Salih, B. *Gas chromatography in plant science, wine technology, toxicology and some specific applications.*

Zamora, F. 2003. *Elaboración y crianza del vino tinto; Aspectos científicos y prácticos.* Madrid: Ed. AMV ediciones y Mundiprensa.

## Anexo Capítulo

**Cuadro i.** Parámetros enológicos de la uva Carignan proveniente de distintos sitios del Valle del Maule (Chile).

Sitio	Uva Carignan				
	°Brix	pH	Acidez total <sup>a</sup>	NFA <sup>b</sup>	Peso de 100 bayas (g)
Valdivia (Val)	24.30±1.06c	3.60±0.05f	7.36±0.85ef	196.00±22.34ab	103.96±27.47a
Loncomilla (Lon)	24.57±0.55c	3.40±0.09bcd	6.16±0.69bc	197.00±11.36ab	141.59±27.91ab
Melozal (Mel)	26.23±0.15d	3.30±0.06ab	6.73±0.53cde	200.67±6.43ab	150.12±17.19ab
Huerta de Maule (Hdm)	22.53±0.76a	3.41±0.10bcd	6.33±0.17cd	198.33±10.41ab	165.86±16.95b
El Peumal (Peu)	25.80±0.53d	3.52±0.03def	5.39±0.03ab	202.33±8.74ab	138.11±33.88ab
Sauzal (Sau)	26.43±0.35d	3.27±0.06a	7.81±0.09f	210.33±5.69b	128.07±30.62ab
Santa Sofía (Sso)	24.00±0.00bc	3.55±0.07ef	5.94±0.23bc	207.00±3.61b	174.18±33.30b
Truquilemu (Tru)	22.87±0.12a	3.38±0.07abc	7.07±0.65def	202.00±7.55ab	160.43±35.73ab
Curtiduría (Cur)	25.97±0.42d	3.73±0.11g	4.86±0.44a	182.33±7.51a	130.87±35.28ab
Ciénaga de Name (Cdn)	23.13±0.70ab	3.46±0.03cde	5.92±0.50bc	196.67±12.58ab	160.00±26.17ab

Para cada parámetro, distintas letras indican diferencias significativas entre los sitios (prueba de Duncan,  $p \leq 0.05$ ). Tres muestras fueron obtenidas desde cada sitio, por lo que los resultados expresados corresponden a la media de tres análisis ( $n = 3$ ). <sup>a</sup>Como g/L de ácido tartárico. <sup>b</sup>Nitrógeno fácilmente asimilable (mg N/L). Obtenido a partir de lo expuesto por Gutiérrez-Gamboa et al. (2018d).



**Cuadro ii.** Parámetros enológicos de vinos producidos a partir de vides Carignan proveniente de distintos sitios del Valle del Maule (Chile).

Sitio	Vinos Carignan				
	Grado alcohólico	Acidez totala	pH	Intensidad colorante	Índice de fe- noles totales
Valdivia (Val)	13.80±0.56ab	4.08±0.06c	3.66±0.02cd	8.95±1.05a	49.00±1.00abc
Loncomilla (Lon)	14.80±0.20bc	3.85±0.08abc	3.53±0.05ab	14.44±0.62bc	49.00±1.00abc
Melozal (Mel)	16.07±0.95d	4.55±0.26d	3.45±0.06a	15.36±1.10bc	48.00±7.94ab
Huerta de Maule (Hdm)	13.37±0.64a	3.75±0.11ab	3.55±0.03abc	13.25±2.79abc	58.00±4.36c
El Peumal (Peu)	15.47±1.00cd	3.66±0.09a	3.50±0.05ab	12.72±0.79abc	49.00±1.00abc
Sauzal (Sau)	16.03±0.21d	4.71±0.14d	3.45±0.03a	20.53±3.25d	55.33±3.06abc
Santa Sofia (Sso)	14.37±0.15ab	3.78±0.11ab	3.59±0.10bcd	12.80±2.30abc	46.33±2.08a
Truquilemu (Tru)	13.77±0.15ab	4.07±0.08c	3.48±0.06ab	15.26±2.44bc	56.67±1.53bc
Curtiduría (Cur)	14.60±0.62bc	3.62±0.18a	3.68±0.15d	17.23±5.54cd	58.33±12.10c
Ciénaga de Name (Cdn)	13.33±0.35a	3.93±0.04bc	3.51±0.04ab	11.97±1.34ab	47.67±2.52ab

**Cuadro iii.** Características descriptivas del viñedo: superficie, número de plantas por hectárea, productividad por hectárea, edad del viñedo, manejo nutricional del cultivo y del follaje en diez sitios distintos del Valle del Maule.

	Superficie (ha)	Número de plantas/ha	Producción kg/ha	Edad del viñedo	Manejo nutricional	Defoliación	Desbrote	Remoción de feminelas	Manejo de carga
Val	3	3200	9600	-50	Si	No	Yes	Yes	Oídio
Lon	3	1600	3520	-30	Si	No	Yes	No	Oídio
Mel	18	2200	39600	-50	Si	No	Yes	No	Oídio, maduración y golpe de sol
Hdm	15	3100	46500	-80	Si	No	Yes	Yes	Golpe de sol
Peu	4	2500	19000	-77	Si	No	Yes	Yes	Oídio y maduración
Sau	8	2300	8510	-60	Si	No	Yes	No	Oídio y golpe de sol
Sso	3	2500	15000	-45	Si	No	Yes	Yes	Oídio
Tru	2	1700	11900	-70	Si	No	Yes	No	Oídio
Cur	3.5	1500	4350	-50	Si	No	Yes	No	No
Cdn	3.5	1900	9120	-70	Si	No	Yes	Yes	No

Peu: El Peumal, Sau: Sauzal, Sso: Santa Sofía, Tru: Truquilemu, Cur: Curtiduría, Cdn: Ciénaga de Name, Val: Valdivia, Lon: Loncomilla, Mel: Melozal, Hdm: Huerta de Maule. aManejo nutricional usado típicamente en al área de secano del Valle del Maule (2 kg de nitrógeno y 3 kg de potasio por tonelada de fruta cosechada, aplicada durante el invierno). Obtenido a partir de lo expuesto por Gutiérrez-Gamboa et al. (2018d).

**Cuadro iv.** Sitio, ubicación, clasificación de suelo, textura superficial y en profundidad, profundidad de suelo, capacidad estanque del suelo, material orgánica, nitrógeno total e índices bioclimáticos calculados en las localidades de Valdivia (Val), Loncomilla (Lon), Melozal (Mel), Huerta de Maule (Hdm), El Peumal (Peu), Sauzal (Sau), Santa Sofía (Sso), Truquilemu (Tru), Curtiduría (Cur) y Ciénaga de Name (Cdn) ubicadas dentro del Valle del Maule (Chile). Los índices bioclimáticos calculados fueron el Índice Heliotérmico de Huglin (IH), la acumulación de grados días biológicamente efectivos (GDBE), el índice de fresco nocturno (IF), la temperatura media del mes más cálido (TMMC) y la temperatura máxima del mes más cálido (TMaxMC).

Sitio	Ubicación	Clasificación	Textura superficial del suelo (0-30 cm) y en profundidad (>31 cm)	Profundidad del suelo (cm)	Capacidad estanque del suelo (cm)	Material orgánica (%)	N total del suelo (%)	Índices bioclimáticos
Val	199269X, 6007477Y	Alfisol	Franco arenoso, franco arcillo arenoso	87	8.2	0.81	0.06	IH=2539 [Caliente]; GDBE=1680 [Grupo 9]; IF=11,76 [Noches muy frías]; TMMC=21,80 [Moderado]; TMAXMC=31,96 [Cálido]
Lon	235939X, 6057816Y	Inceptisol	Arenoso franco, arenoso franco	200	10.8	0.78	0.05	IH=2432 [Caliente]; GDBE=1682 [Grupo 9]; IF=13,34 [Noches frías]; TMMC=21,98 [Moderado]; TMAXMC=30,72 [Cálido]
Mel	240706X, 6040323Y	Alfisol	Franco arenoso, franco	88	8.6	1.03	0.09	IH=2580 [Caliente]; GDBE=1740 [Grupo 9]; IF=11,83 [Noches muy frías]; TMMC=22,01 [Moderado]; TMAXMC=31,92 [Cálido]
Hdm	231116X, 6049957Y	Inceptisol	Franco arenoso, franco arcillo arenoso	200	21.7	1.63	0.03	IH=2366 [Cálido]; GDBE=1375 [Grupo 8]; IF=7,99 [Noches muy frías]; TMMC=20,54 [Fresco]; TMAXMC=32,16 [Muy cálido]
Peu	241168X, 6062193Y	Inceptisol	Franco arenoso, Franco arenoso	200	19.32	0.59	0.09	IH=2574 [Caliente]; GDBE=1621 [Grupo 9]; IF=10,49 [Noches muy frías]; TMMC=21,76 [Moderado]; TMAXMC=32,35 [Muy cálido]
Sau	210645X, 6031381Y	Alfisol	Franco arenoso, Franco arenoso	150	12.7	0.79	0.1	IH=2216 [Cálido]; GDBE=1346 [Grupo 7]; IF=9,61 [Noches muy frías]; TMMC=20,66 [Fresco]; TMAXMC=31,39 [Cálido]
Sso	198627X, 6014491Y	Inceptisol	Loam, Franco arenoso	100	10.8	1.07	0.05	IH=2328 [Cálido]; GDBE=1387 [Grupo 8]; IF=8,82 [Noches muy frías]; TMMC=20,23 [Fresco]; TMAXMC=30,93 [Cálido]
Tru	214508X, 6047719Y	Inceptisol	Franco arenoso, arcillo arenoso	200	17.5	0.46	0.12	IH=2115 [Cálido]; GDBE=1254 [Grupo 6]; IF=8,49 [Noches muy frías]; TMMC=19,09 [Fresco]; TMAXMC=29,71 [Temperado cálido]
Cur	230886X, 6068369Y	Inceptisol	Franco arenoso, Franco arcillo arenoso	140	10.4	1.07	0.1	IH=2824 [Caliente]; GDBE=1928 [Grupo 9]; IF=12,55 [Noches frías]; TMMC=22,97 [Cálido]; TMAXMC=34,07 [Muy cálido]
Cdn		Inceptisol	Franco arenoso, Franco arenoso	180	13.1	1.41	0.09	IH=1702 [Fresco]; GDBE=1061 [Grupo 2]; IF=10,35 [Noches muy frías]; TMMC=16,53 [Muy fresco]; TMAXMC=26,79 [Fresco]