

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**RELACIONES FUENTE - SUMIDERO Y SU IMPACTO EN LA COMPOSICIÓN  
QUÍMICA BÁSICA DE LA FRUTA Y EL VINO EN VIDES DE SECANO  
UBICADAS EN UNA CATENA**

**POR**

**CLAUDIA BELÉN BUSTOS FLORES**

**MEMORIA PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE  
2023**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RELACIONES FUENTE - SUMIDERO Y SU IMPACTO EN LA COMPOSICIÓN  
QUÍMICA BÁSICA DE LA FRUTA Y EL VINO EN VIDES DE SECANO  
ESTABLECIDAS EN UNA CATENA**

**POR**

**CLAUDIA BELÉN BUSTOS FLORES**

**MEMORIA PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE  
2023**

Aprobada por:

Profesor Asociado, Ignacio Serra S.  
Ing. Agrónomo Ph.D.

---

Guía

Profesor Asociado, Arturo Calderón O.  
Ing. Agrónomo Ph.D.

---

Asesor

Profesor Asistente, Guillermo Pascual A.  
Ing. Agrónomo, Dr.

---

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.  
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

---

Decano

**TABLA DE CONTENIDOS**

	<b>Página</b>
Resumen.....	1
Summary.....	2
Introducción.....	2
Materiales y Métodos.....	7
Resultados y Discusión.....	11
Conclusiones.....	22
Referencias.....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		<b>Página</b>
Figura 1	Esquema para la elección de plantas .....	8
Figura 2	Regresión entre IAF ( $m^2 m^{-2}$ ) y rendimiento (g) de vides de loma y vega.....	17
Figura 3	Regresión entre relación hoja - fruto con Brix (a) y alcohol (b), en vides de loma y vega.....	19
Figura 4	Regresión entre relación azúcar por baya con índice de Ravaz (a) y número de bayas por racimo (b) en vides de loma y vega.....	21
Figura 5	Regresión entre Brix y pH de la fruta en vides de loma y vega.....	22
Tabla 1	Propiedades del suelo según sector y profundidad. Densidad aparente, porosidad total, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua disponible.....	12
Tabla 2	Promedio por hilera de concentración de sólidos solubles (Brix), pH y acidez total (AT) expresado en gramos por litro de ácido sulfúrico en el mosto y el vino de uvas en zona de loma y vega en la vendimia 2019.....	13
Tabla 3	Rendimiento, número de racimos por planta, peso racimo, número de bayas por racimo y peso baya, en zona de loma y vega en la vendimia 2019.....	14
Tabla 4	Índices de área foliar (IAF) ( $m^2 m^{-2}$ ), peso de poda (g), relación hoja - fruto (H-F) ( $m^2 kg^{-1}$ ) e índice de Ravaz (IR)( $g g^{-1}$ ), para las zonas de loma y vega, en la temporada 2019.....	16

## **RELACIONES FUENTE - SUMIDERO Y SU IMPACTO EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA BÁSICA DE LA FRUTA Y EL VINO EN VIDES DE SECANO ESTABLECIDAS EN UNA CATENA**

SOURCE - SINK RELATIONSHIPS AND THEIR IMPACT ON THE BASIC CHEMICAL COMPOSITION OF FRUIT AND WINE IN RAINFED VINEYARDS ESTABLISHED IN A CATENA

**Palabras índice adicionales: Secano, catena, cepa País, relación fuente - sumidero.**

### **RESUMEN**

El Valle del Itata, es una de las áreas vitícolas de Chile donde predomina el cultivo de *Vitis vinifera* L. 'País'. Las viñas suelen estar dispuestas en catenas, debido a la topografía de lomajes de la zona, lo que provoca efecto de variabilidad en el rendimiento y en la composición de la fruta y el vino. Tal efecto no ha sido suficientemente estudiado. Por este motivo, se realizó el estudio en una viña en catena de cv. País en secano, con conducción de cabeza, en la comuna de Portezuelo, Ñuble. Se seleccionaron dos áreas según su elevación topográfica (loma: zona alta, vega: zona baja). Se evaluó índice de área foliar y peso de poda, utilizados para obtener relaciones fuente-sumidero; además de análisis físico del suelo, componentes del rendimiento, parámetros de calidad básica de la fruta y el vino (alcohol y pH). Resultados sugirieron, que diferencias de vigor no se relacionaron con análisis de suelo hasta los 25 cm de profundidad. Relaciones fuente-sumidero se relacionaron con Brix y azúcar por baya, de distintas maneras para ambos sectores. Asimismo, en vino, el alcohol tuvo una relación diferente en ambos sectores. Esto, permitiría realizar prácticas de manejo diferenciadas en vides de secano, utilizando relaciones fuente-sumidero, que permitan lograr un balance en el viñedo teniendo en cuenta las condiciones abióticas estresantes, y la variabilidad topográfica característica del Valle del Itata.

## **SUMMARY**

The Itata Valley is one of the wine-growing areas of Chile where the cultivation of *Vitis vinifera* L. cv. País prevail. The vines are usually arranged in catenas, due to the topography of the hills of the area, which causes a variability effect on the yield and on the composition of the fruit and wine. This effect has not been sufficiently studied. For this reason, the study was carried out in a rainfed vineyard in catena of cv. País, head trained, in the commune of Portezuelo, Ñuble. Two areas were selected according to their topographic elevation (loma: high zone, vega: low zone). Leaf area index and pruning weight, were evaluated to obtain source-sink relationships. In addition to physical analysis of the soil, yield components, basic quality parameters of the fruit and wine (alcohol and pH). The results suggested that differences in vigor were not related to soil analysis up to 25 cm deep. Source-sink relationships were related to Brix and sugar per berry, in different ways for both sectors. Additionally, in wine, alcohol had a different relationship in both sectors. This would make possible to carry out differentiated management practices in rainfed vines, using source-sink relationships, which would allow achieving a balance in the vineyard taking into account the stressful abiotic conditions, and the characteristic of topographic variability of the Itata Valley.

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, Chile cuenta con más de 137.000 hectáreas de vides destinadas a la elaboración de vino, dentro de las cuales 10.000 hectáreas pertenecen a la Región de Ñuble, ubicándose en cuarta posición a nivel nacional (Mora *et al.*, 2020). El valle del Itata es el área vitivinícola más importante de la región de Ñuble, y se reconoce a nivel nacional por ser uno de los valles con producción enológica más antiguos (época de conquista en el siglo XVI) (Hernández y Briones, 2018). El cultivar País (*Vitis vinifera* L.) fue uno de los primeros cepajes en ser establecidos en el valle del Itata, y las prácticas culturales asociadas a su producción incluyen un manejo de tipo tradicional. Por ejemplo, el tipo de conducción, suele ser de cabeza o gobelet con marcos de plantación de un metro por un metro, y sin aporte artificial de agua (secano), entre otros (Díaz, 2014).

La cepa País se caracteriza por ser de madurez tardía, tiene altas exigencias de temperatura y radiación, por lo que se adapta mejor a regiones con altas acumulaciones térmicas (Pszczółkowski, 1984). Dada su rusticidad, esta cepa se adapta mejor a suelos de baja fertilidad y baja disponibilidad hídrica (Mora *et al.*, 2020). En zonas de secano y de lomajes, con producciones medias a bajas, las plantas del cv. País pueden lograr un alto contenido de azúcar, baja acidez y taninos muy duros. Por el contrario, en producciones elevadas, incluso bajo condiciones de riego, la fruta de este cultivar posee una baja coloración y los vinos resultantes pueden ser descoloridos, con bajo grado alcohólico y alta astringencia (Gil y Pszczółkowski, 2007). Por estas razones, se considera al cv, País como una variedad muy sensible a la sobreproducción (“overcropping”).

Debido a la topografía del Valle del Itata, representada por la presencia de abruptos lomajes que en pocos metros se vuelven terrenos planos, es común observar viñedos plantados en una secuencia con distintos perfiles de suelo a lo largo de las pendientes (catena) (Mora *et al.*, 2020). Los cambios de altitud en una catena se relacionan con grandes diferencias en las condiciones microclimáticas de los viñedos, tales como exposición al sol y al viento, y en las características físico - químicas del suelo. Por ejemplo, es común observar una mayor fertilidad y capacidad de retención de humedad de los suelos en las zona más baja y plana de la catena, debido a una mayor concentración de materiales aluviales finos (Arnáez *et al.*, 2006). Consecuentemente, se pueden apreciar cambios en el crecimiento, desarrollo y desempeño de las plantas ubicadas a lo largo de la catena, lo cual contribuye a una mayor heterogeneidad en el vigor y rendimiento de las vides (Bramley *et al.*, 2011), en la composición de las bayas (Baluja *et al.*, 2012) y el vino (Cortell *et al.*, 2008).

La productividad de una planta depende de la capacidad de producir y movilizar carbohidratos generados por la fotosíntesis hacia los órganos reproductivos. De esta manera, los productos orgánicos producidos durante la fotosíntesis y la asimilación de nutrientes deben ser transportados desde su lugar de producción o almacenamiento (“fuente”) hacia lugares intermediarios, de uso final, o de almacenamiento (“sumidero”) (Keller, 2010). Las hojas son las fuentes principales



de carbohidratos en la planta, sin embargo, éstas son fotosintéticamente activas una vez que alcanzan el 50 % de su tamaño final (Vaillant-Gaveau *et al.*, 2014), lo cual se ocurre varias semanas después de brotación. Previo a esto, tanto el crecimiento vegetativo, como el reproductivo se basa en la distribución de carbohidratos acumulados en los órganos de reserva (órganos perennes) hacia los ápices de crecimiento y las flores en proceso de diferenciación de la temporada anterior. A partir de la cuaja, la mayor parte de los fotosintatos producidos por las hojas son destinados al crecimiento y desarrollo de los racimos, en desmedro del crecimiento vegetativo. Una vez cosechada la fruta, las hojas aún activas distribuyen sus carbohidratos a las raíces, tronco, brazos y brotes, en donde son acumulados principalmente como almidón. Consecuentemente, la actividad fisiológica de las hojas (eficiencia fotosintética) y la intercepción de la luz por parte del follaje resultan fundamentales a la hora de determinar la capacidad de la vid para proveer de carbono a los frutos entre brotación y dormancia (Gil y Pszczólkowski, 2007).

La capacidad de la planta es el resultado de la interacción de diversos factores fisiológicos, ambientales, y prácticas culturales que definen una suerte de balance de la vid, en donde el óptimo de la relación fuente-sumidero de una planta se logra cuando se producen altos volúmenes de fruta con una calidad adecuada (Edwards *et al.*, 2016). La relación entre crecimiento vegetativo y reproductivo debe estar en un equilibrio para poder llevar la fruta a una correcta maduración y así evitar la sobreproducción (Winkler, 1958). La repartición o transporte de los fotoasimilados está asociada a la capacidad competitiva de cada órgano vegetal, la cual depende del número de células y hormonas presentes, pues esto otorga una mayor tasa de crecimiento o vigor al órgano en cuestión (Gil y Pszczólkowski, 2007). En este contexto, debido a la competencia que existe por carbohidratos entre los órganos de las plantas, resulta fundamental establecer el balance entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo para evitar una excesiva competencia entre los frutos con los brotes en crecimiento o entre los mismos frutos. Es por esto que, en vitivinicultura, diversos índices han sido empleados por décadas para caracterizar el balance de la vid, siendo el más común el índice de Ravaz, el cual mide la relación entre rendimiento y peso de poda. En general, se establece que vides balanceadas

pueden madurar sus racimos sin problemas asociados a una falta de carbohidratos y exhiben un rango de valores de índice de Ravaz entre 5 - 10 (Santesteban *et al.*, 2010; Kliewer y Dokoozlian, 2005). Recientemente, han aparecido otros índices que a partir de mediciones de la carga frutal y el área foliar (relación hoja-fruto) de las plantas tratan de definir un rango óptimo para la relación fuente/sumidero. Por ejemplo, se ha mencionado que, para vides de vino, la relación entre área foliar / rendimiento óptima debería estar entre 0,8 y 1,4 m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup> (Kliewer y Dokoozlian, 2005).

Además de los factores internos de la planta, la capacidad de la vid se ve fuertemente influenciada por factores abióticos, entre los cuales destacan la temperatura del aire, el estado hídrico del suelo, y la cantidad de radiación solar disponible. El cambio climático en las zonas vitivinícolas chilenas se ha asociado no sólo a una progresiva disminución de las precipitaciones, sino también a una mayor temperatura del aire, demanda evaporativa atmosférica y menor acumulación de nieve, entre otros. Esto ha traído consigo una disminución importante de la disponibilidad de agua de riego y una menor acumulación de agua en los acuíferos, afectando muy seriamente el suplemento hídrico de los viñedos y generando la ocurrencia de un estrés hídrico en las plantas durante alguna etapa del crecimiento y desarrollo. El estrés hídrico es considerado como uno de los factores abióticos más influyente en la reducción del crecimiento vegetativo y reproductivo de la vid (Azcón-Bieto y Talón, 2013). Por ejemplo, cuando las vides sufren de una disminución del potencial hídrico de la hoja al mediodía entre -1,4 y -1,2 MPa (estrés hídrico severo) puede reducirse considerablemente la conductancia estomática de las hojas (Zhao *et al.*, 2020) y la tasa fotosintética de las plantas (<10 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (Gil y Pszczółkowski, 2007). El momento de ocurrencia del estrés hídrico determina el efecto sobre cada componente del rendimiento. Por ejemplo, un estrés hídrico severo entre brotación y floración puede reducir de manera considerable el número de racimos, pues la inducción e iniciación de la inflorescencia en vid ocurre cerca de floración (Ferreyra *et al.*, 2003). Si el estrés hídrico ocurre entre floración y envero se asocia a importantes disminuciones en la división y elongación celular, afectando de manera importante el tamaño de la baya (Ferreyra *et al.*, 2003; Gil y

Pszczólkowski, 2007). Debido al impacto que tiene la limitación del suministro hídrico sobre la producción de materia seca de los viñedos, no es sorprendente que la falta de agua también afecte a los parámetros empleados para caracterizar el balance de la vid.

Tal como lo muestran Santesteban y Royo (2006) en un trabajo con cv. Tempranillo, el índice hoja / fruto se relacionó con la acumulación de azúcar en las bayas de plantas bien regadas, pero no fue de importancia en plantas bajo estrés hídrico. Resultados similares se observaron para el índice de Ravaz (Santesteban *et al.*, 2010). La falta de relación entre índices de balance de la vid y contenido de azúcar en las bayas se explicaría en que la ocurrencia de un estrés hídrico severo sería el factor más limitante de la fotosíntesis, más que la presencia de una gran cantidad de hojas o racimos que generen o consuman carbohidratos.

Las altas temperaturas e intensidad lumínica pueden también inducir un importante nivel de estrés en las plantas y en su capacidad de suministrar carbohidratos. El rango fisiológico óptimo de temperatura en la vid es de 25 – 35 °C, fuera de estos límites térmicos la fotosíntesis puede verse inhibida, pudiendo llegar a un 60 % de inhibición a los 45 °C (Greer y Weedon, 2011). Se ha reportado, que, el estrés por altas temperaturas del aire puede generar un menor crecimiento de la baya, especialmente cuando estas se encuentran en el estado I y II de crecimiento (Matsui *et al.*, 1991). Más allá de los efectos de las condiciones climáticas sobre la productividad de las plantas, la calidad de la fruta también puede verse afectada. Por ejemplo, temperaturas del aire entre 30 y 35 °C pueden reducir la acumulación de antocianos y disminuir la intensidad colorante de los vinos (Spayd *et al.*, 2002). Así también, cuando la intensidad de luz sobrepasa el punto de saturación (90 % de la fotosíntesis neta máxima), la fotosíntesis neta comienza a disminuir debido a la fotoinhibición (Gil y Pszczólkowski, 2007). Si bien el exceso de radiación solar en presencia de altas temperaturas del aire puede tener un impacto negativo en la síntesis de carbohidratos, la falta de radiación solar incidente en la fruta también puede generar problemas en la calidad y productividad. Se sabe que racimos con mayor exposición tienden a concentrar más sólidos solubles que aquellos que se encuentran sombreados (Reynolds *et al.*, 1986).

Existen diversos manejos que modifican la relación fuente - sumidero y que alteran los parámetros de balance en la vid, entre estos se encuentran: 1) la poda invernal, la cual regula la carga frutal a partir de la eliminación de brotes fructíferos (Aliquó *et al.*, 2010; Gil y Pszczółkowski, 2007), 2) el raleo de frutos en enero (Pastore *et al.*, 2011), y 3) la poda de verano, en donde se eliminan brotes completa o parcialmente o se realiza una defoliación en la zona frutal (Kliwer y Dokoozlian, 2005), entre los más empleados. También se debe considerar que tales labores, además de influir en el balance de la vid, afecta también el microclima de esta (Edwards *et al.*, 2016).

Diversos trabajos han estudiado la influencia de la relación fuente - sumidero en la composición de la fruta y el vino, a pesar de ello, son escasos aquellos estudios realizados en viñas que se han desarrollado en condición de secano durante toda su vida productiva. Es por esto que el objetivo de este trabajo es evaluar si la relación fuente - sumidero de vides a lo largo de una catena en condición de secano influye en la composición química básica de la uva y el vino.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación y condiciones previas.**

El estudio se realizó en la viña Santa Elena (36°31'58"S; 72°26'02"W) ubicada en la comuna de Portezuelo, Valle del Itata, Región de Ñuble. Las muestras de uva se obtuvieron desde una viña de cv. País (*Vitis vinifera L.*), con un régimen de secano y bajo un sistema de conducción de cabeza. El cultivo se dispone geográficamente en una pendiente de inclinación promedio de 5,4 % y con una elevación de 11 m. Presenta dos zonas de este a oeste: loma y vega, consta de una superficie total de 3,5 hectáreas y una densidad de plantación de 3.600 plantas ha<sup>-1</sup>.

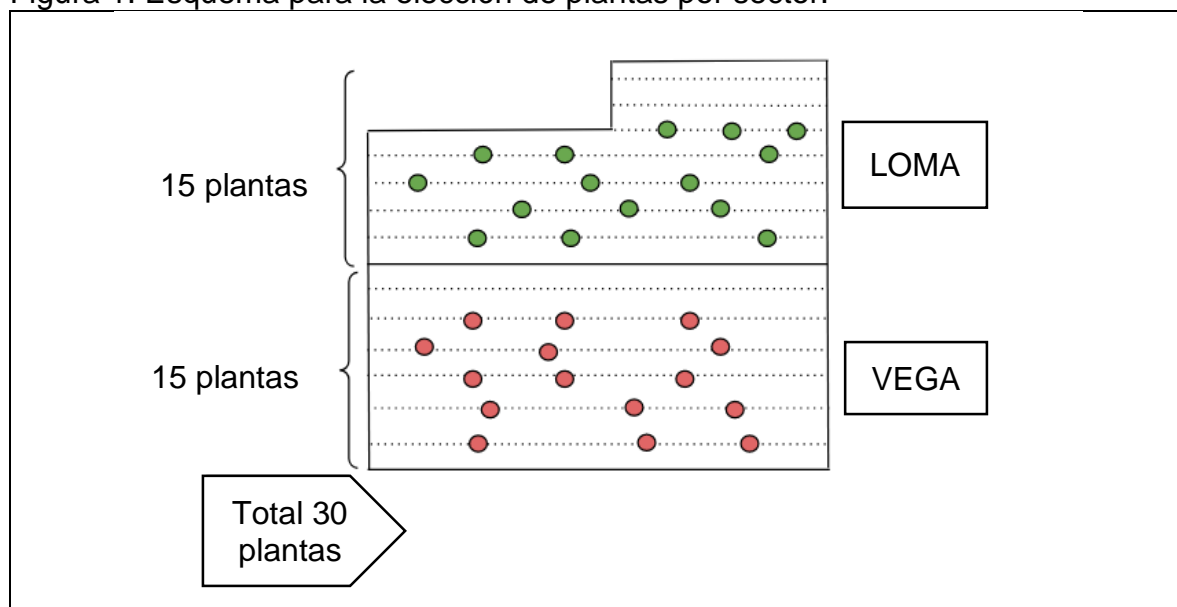
### **Evaluaciones**

**Análisis del suelo.** Este análisis se llevó a cabo mediante el "método del cilindro", el cual consistió en la toma de muestra, con un cilindro metálico, en tres profundidades del perfil (0 - 5, 5 - 10, 20 - 25 cm), con dos repeticiones por profundidad, en los sectores de loma y vega. Luego, las muestras fueron llevadas al laboratorio de suelo de la Universidad de Concepción, donde se determinó la

curva de retención de agua en el suelo a través de la metodología descrita por Sandoval *et al.*, (2011).

**Recolección de uva.** La viña fue dividida en dos sectores: zona alta loma y zona baja vega, en cada uno de estos se recolectó la uva en forma diferenciada, el mismo día (21 de abril 2019). En cada sector se contaron las hileras para enumerarlas y así tomar cinco de ellas en forma aleatoria. En cada hilera se escogieron tres plantas al azar, las cuales fueron cosechadas, luego de haber sido enumeradas de norte a sur. Esto se repitió en cinco hileras en total por sector, por lo tanto, se tomaron quince plantas por sector, quedando un total de treinta plantas (Figura 1).

Figura 1. Esquema para la elección de plantas por sector.



Fuente: Elaboración propia.

**Caracterización de la materia prima.** Luego de la cosecha, se realizó una caracterización de la materia prima, midiendo, rendimiento por planta (g), peso del racimo (g), número de racimos por planta, número de bayas por racimo y peso de baya (g).

**Índice de área foliar (IAF).** En terreno, se estimó con un ceptómetro (LP - 80, Decagon Instruments, Washington, EEUU), la intensidad lumínica sobre y debajo de la canopia de cada vid muestreada en sector de loma y vega. Las mediciones se realizaron en un rango de horario entre las 11 a.m. y 14 p.m., momento donde los

rayos solares aún no se han inclinado, y en un día despejado para así evitar la radiación solar difusa. Esto, en función de evitar sesgos, que tales factores pudiesen causar en los resultados de las mediciones (Rojas, 2014). Los resultados representan la relación superficie de hojas con respecto a la superficie del suelo ( $\text{m}^2$  de hoja por  $\text{m}^2$  de suelo).

**Medición peso de poda.** La poda invernal fue realizada el mes de junio. Con un sistema de conducción “de cabeza”, se realizó un tipo de poda mixta utilizando madera frutal (cargador) y de reserva (pitón). El régimen de la poda fue diferenciado por sector, tal como se suele hacer todos los años, esto pues, se considera la heterogeneidad en el vigor de las plantas dentro de la viña. En vides de vega, cada frutal se dejó con tres yemas, y la reserva con dos. Dejando un promedio por planta de siete cargadores, y un máximo de nueve, según la capacidad de cada vid. En loma, se realizó una poda más restrictiva, donde cada cargador constó de dos a tres yemas, y la madera de reserva con una. Cada planta quedó con un total de cuatro a cinco cargadores por planta, dependiendo de la habilidad de producción de cada una. Finalmente, se tomaron los sarmientos restantes de la poda (madera del año), de las 30 plantas de estudio, para luego medir su peso en una balanza (Precisiun YH-T6).

**Microvinificación y análisis químicos.** El protocolo de vinificación se realizó en el laboratorio de microvinificación de la Universidad de Concepción, donde el primer paso fue el despalillado de la uva, estrujado y encubado en baldes de cinco litros cada uno, los cuales se llenaron con mosto hasta los cuatro litros, luego se sulfitó con anhídrido sulfuroso al 5 %. Luego del estrujado se midió las características químicas del mosto, pH mediante potenciometría, acidez total por titulación volumétrica ( $\text{g L}^{-1}$  ácido tartárico) y medición de grados Brix con un refractómetro manual.

Al día siguiente se realizó la inoculación con levadura (Safoeno<sup>TM</sup> VR44), las cuales fueron previamente hidratadas, y finalmente se agregó fosfato diamónico (FDA) al mosto. La fermentación alcohólica (FAL) se realizó en un rango de 20 - 25°C de temperatura, para monitorear el proceso se midió temperatura y densidad una vez por día, junto con una serie de bazuqueos, realizados también una vez al

día. Terminada la FAL (con densidad promedio de  $990 \text{ g L}^{-1}$ ) se llevó a cabo el descube, donde se obtuvo vino de gota y vino de prensa, el cual corresponde al orujo prensado a mano, ambos vinos se mezclaron y traspasaron a bidones plásticos de 3 L, estos se ajustaron para evitar la presencia de oxígeno dentro del recipiente. Todos los bidones reposaron en el laboratorio de microvinificación a una temperatura de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  aproximadamente para así facilitar la decantación, esto por una semana, el desborre fue solo para eliminar las partículas de mayor tamaño, pues dentro de la borra existen partículas necesarias para realizar la fermentación maloláctica (FML). Los bidones ya desborrados se dejaron reposar a una temperatura promedio de  $18 - 20^\circ\text{C}$  hasta terminar la fermentación. El término de la FML se decretó a través de una cromatografía de papel. Terminado esto, se llevaron los bidones a una cámara de frío por 3 semanas, para así decantar y eliminar compuestos no deseados. Ya listo lo anterior, se procedió a medir el pH y el sulfuroso libre de cada vino, para así realizar la corrección de sulfuroso y embotellar, además se apartaron muestras de vino para realizar los análisis químicos correspondientes.

Los análisis químicos se realizaron de acuerdo a Bordeu *et al.* (2000), en el Laboratorio de Enología de la Universidad de Concepción. La medición de pH se midió mediante potenciometría, la acidez total ( $\text{g L}^{-1}$  de ácido tartárico) se obtuvo por titulación volumétrica. El sulfuroso libre ( $\text{mg L}^{-1}$ ) se midió mediante el método de Ripper. La acidez volátil ( $\text{g L}^{-1}$  de ácido acético) mediante el método de Blarez. La medición de grado alcohólico (% Vol.) se obtuvo por destilación y posterior aerometría. Para la medición del azúcar residual ( $\text{g L}^{-1}$ ) se ocupó el método de Fehling.

### **Cálculo índices relación fuente-sumidero**

**Relación hoja -fruto.** Para calcular este índice, primero se calculó los kilogramos de fruta que se produce en un metro cuadrado de superficie, esto, con los datos de rendimiento por planta y distancia de plantación del viñedo ( $1\text{m}^2$ ). Con esta información, se procedió a realizar la relación fuente, representada por el IAF ( $\text{m}^2$  de hoja por  $\text{m}^2$  de suelo), y sumidero, representada por el rendimiento ( $\text{kg}$  de fruta

en un m<sup>2</sup> de suelo). Con la división de ambos datos, se obtuvo la relación hoja - fruto, como lo muestra la siguiente fórmula.

$$\text{Índice H-F} = \text{IAF (m}^2\text{)} / \text{rendimiento (kg)}$$

**Índice de Ravaz.** Este índice se obtuvo relacionando el rendimiento (g) por planta con respecto al peso de poda de cada planta (g), de la temporada.

$$\text{Índice Ravaz} = \text{rendimiento (g)} / \text{peso de poda (g)}$$

**Cálculo de azúcar por baya.** Para realizar el cálculo de la cantidad de azúcar por baya se multiplicó el peso fresco de la baya, por 0,95 que corresponde al 95 % de azúcar presente en los sólidos solubles de cada baya, multiplicado por el grado Brix.

$$\text{Azúcar por baya} = \text{Peso fresco} \times 0,95 \times \text{Brix}$$

### **Análisis de datos**

Los resultados obtenidos se evaluaron mediante un análisis descriptivo, obteniendo medidas de tendencia central (media aritmética). Además, mediante el empleo del software SAS<sup>®</sup>, se realizaron análisis de regresión entre variables como índice de área foliar, rendimiento, relación hoja-fruto, índice de Ravaz, número de bayas por racimo, Brix, alcohol, azúcar por baya y pH. Esto en conjunto, permitió describir y comparar relaciones entre ellas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Características del suelo.**

Promediadas las tres profundidades muestreadas (0 – 25 cm), se observa que no existen diferencias de gran magnitud para los valores de densidad aparente (1,7 g cm<sup>-3</sup>), porosidad total (36,4 %), capacidad de campo (17,6 %), punto de marchitez permanente (9,5 %) y agua disponible (8,1 %). Sin embargo, si se observa una mayor variabilidad en las características físicas de los suelos en loma. Por ejemplo, el rango de porosidad total es de 9,1 % en loma, mientras que, en vega, este valor es de 2,7 % (Tabla 1).



A pesar de no observar diferencias en las propiedades físicas de los suelos, se sabe que la dinámica de agua en el suelo a lo largo de la catena es distinta a la de un suelo plano, ya que, en loma por acción de gravedad, el agua no se retiene en el perfil, sino que, migra hacia las zonas bajas.

Tabla 1. Propiedades del suelo según sector y profundidad. Densidad aparente, porosidad total, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua disponible.

Sector	Profundidad (cm)	Dap (g cc <sup>-1</sup> )	Porosidad total (%)	CC (%)	PMP (%)	Agua disponible (%)
Loma	0 - 5	1,6	40,7	19,6	10,6	9,0
Loma	5 - 10	1,7	36,8	17,9	9,7	8,2
Loma	20 - 25	1,8	31,6	15,2	8,2	7,0
Promedio		1,7	36,4	17,6	9,5	8,1
Vega	0 - 5	1,7	34,8	16,7	9,3	7,7
Vega	5 - 10	1,7	38,0	18,3	9,9	8,4
Vega	20 - 25	1,7	37,5	18,0	9,7	8,3
Promedio		1,7	36,7	17,6	9,6	8,1

\*Todos los valores corresponden al promedio de dos repeticiones por profundidad. D.ap.: Densidad Aparente; C.C.: Capacidad de Campo; P.M.P.: Punto de Marchitez Permanente.

Además, ocurren movimientos superficiales e internos de materiales particulados finos hacia la base de la catena, lo que eventualmente modificará el sistema de poros en el suelo. Esto indica que probablemente las características del suelo en cada sector, que condicionaron las diferencias en el vigor de las plantas de loma y vega, fueron distintas a las profundidades evaluadas en este trabajo (hasta 25 cm de profundidad).

### **Características químicas del mosto y vino**

Se observaron diferencias en las características químicas básicas de los mostos entre sectores. Los mostos de loma exhibieron mayor Brix y pH que los mostos de

vega ( $\Delta = 2$  Brix y 0,6 de pH). Por el contrario, la acidez titulable fue mayor en vega ( $\Delta = 0,2$  g L<sup>-1</sup> ác.) (Tabla 2). A pesar de las diferencias en Brix, los valores de las dos zonas superaron el valor mínimo para cumplir con la Ley 18.455 en Chile, la cual indica que debe ser de un valor mínimo de 19,6 para alcanzar el grado alcohólico mínimo tolerado de 11,5 °.

Tabla 2. Promedio por hilera de concentración de sólidos solubles (Brix), pH y acidez total (AT) expresado en gramos por litro de ácido sulfúrico en el mosto y el vino de uvas en zona de loma y vega en la vendimia 2019.

Zona	Hilera	Brix*	pH*	AT* (g L <sup>-1</sup> ác)	Az/Ba* (g)	Alc* (%vol.)	pH*	AT* (g L <sup>-1</sup> ác)	
		Mosto				Vino			
Loma	1	23,2	3,6	3,9	0,40	13,5	3,9	4,0	
Loma	2	23,7	3,9	4,0	0,45	14,8	3,8	4,6	
Loma	3	23,6	3,7	3,2	0,36	13,7	3,8	4,6	
Promedio		23,5	3,7	3,7	0,40	14,0	3,8	4,4	
Vega	1	21,2	3,4	3,6	0,38	13,1	3,7	4,7	
Vega	2	22,4	3,2	4,2	0,34	13,5	3,8	4,7	
Vega	3	20,8	3,2	4,3	0,30	12,2	3,5	5,2	
Promedio		21,5	3,1	3,9	0,34	12,9	3,7	4,9	

\*Cada valor corresponde al promedio de tres plantas. A.T.: Acidez Total; Az./Ba.: Azúcar por Baya; Alc.: Alcohol.

Las diferencias en los índices de maduración de la uva asociada a diferencias topográficas vistas en este estudio ya han sido previamente descritas en otros trabajos similares. Por ejemplo, en el estudio realizado por Bramley *et al.* (2011), se llevó a cabo una evaluación de madurez en un viñedo de Cabernet Sauvignon, con un rango de elevación de 3,43 m, clasificando zona alta (área plana, con plantas de mayor vigor) y zona baja (área de mayor elevación, con plantas de menor vigor). Ambos sectores mostraron grados de madurez diferenciados, siendo la zona baja la que mostró valores significativamente mayores en dos de los tres años de estudio

( $\Delta$  de hasta 1,6 Brix).

Los vinos producidos en la loma y en la vega mantuvieron las mismas diferencias químicas analizadas en el mosto. Los vinos de la loma, con mayor Brix en el mosto, fueron más alcohólicos, con un mayor pH, pero una menor acidez titulable que los vinos de vega. Desde una perspectiva de calidad enológica, los vinos de la loma y de vega tuvieron una concentración alcohólica superior al mínimo exigido por la ley de 11,5 ° y una acidez volátil inferior al límite máximo de 1,5 g de acidez volátil por litro. El azúcar residual en ambos vinos fue menor al límite de 3,0 g L<sup>-1</sup>, indicando que en ambos sectores los vinos producidos fueron secos (Ley 18.455). Sin embargo, ambos vinos presentaron un pH cercano a 4,0 lo cual les confiere una menor estabilidad microbiológica (Mehmel, 2010).

### **Rendimiento y sus componentes**

Se detectaron diferencias en el rendimiento y sus componentes (número de racimos por planta, peso de racimo, número de bayas por racimo y peso de baya) entre los

Tabla 3. Rendimiento, número de racimos por planta, peso racimo, número de bayas por racimo y peso baya, en zona de loma y vega en la vendimia 2019.

Zona	Hilera	Rend.* (gr)	N° racimos/planta	Peso racimo* (gr)	N° bayas/racimo	Peso baya* (gr)
Loma	1	2.275	14	160	92	1,8
Loma	2	758	5	130	74	2,0
Loma	3	1.430	9	161	101	1,6
Promedio		1.488	9	150	89	1,8
Vega	1	5.257	19	276	148	1,9
Vega	2	2.822	14	211	134	1,6
Vega	3	1.355	8	169	115	1,5
Promedio		3.145	14	219	132	1,7

\*Cada valor corresponde al promedio de tres plantas. Rend.: Rendimiento.

( $\Delta = 1.657$  gr), lo cual se debió a un mayor número de bayas por racimo (60 %), y sectores de loma y vega. El rendimiento de vega fue más del doble que el de loma no al peso de cada baya o al número de racimos por planta (Tabla 3).

La cantidad total de fruta por planta fue determinada en la poda invernal para ambos sectores, con una severidad (número de yemas por cargador) asociada al desarrollo vegetativo de las plantas, lo cual impacta en el rendimiento final (Ortega-Farias *et al.*, 2007). Las vides de vega, al poseer un mayor desarrollo vegetativo que las vides de loma, se podaron dejando un mayor número de yemas por planta, lo cual explica que en promedio estas hayan exhibido un 35 % más de racimos que las vides en loma, independiente de la variabilidad en el número de racimos por planta entre sectores. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que una poda en función de la relación fuente-sumidero repercutirá también en la fertilidad de las yemas en cada cargador para la siguiente temporada, pues la vid es un cultivo que puede presentar producción alternada o añerismo.

### **Crecimiento vegetativo e índices fuente-sumidero**

Se observa un 27 % de diferencia en los valores de IAF entre los sectores, sin embargo, en la medición del peso de poda, la variación fue mucho mayor con un 41 %, en donde vega fue el sector con mayores valores para ambas variables (Tabla 4). El mayor peso de poda en vega se debería principalmente al impacto de un mayor IAF sobre la capacidad fotosintética de las vides y la acumulación de carbohidratos de reserva en los brotes del año (Keller, 2020). Pero, también podría mostrar el impacto de una condición menos estresante durante la postcosecha, pues, es durante este período donde el mayor sumidero de carbohidratos son los órganos de reserva (brotes, tronco, raíces).

En cuanto a los índices que estiman el balance de la relación fuente-sumidero, se muestra una variabilidad en los resultados de ambos sectores, lo cual se debe a las diferencias en IAF, peso de poda y rendimiento que existe dentro de cada sector. Para discutir los resultados de estos índices con valores referenciales de estudios ya realizados, se debe considerar que existen diversos factores que influyen en ellos, tales como, estado hídrico del suelo, cultivar, sistema de conducción, clima, entre otros. Por lo tanto, los valores referenciales para las plantas de la viña de este

estudio, pueden diferir a los ya establecidos por otras investigaciones. Además, se debe considerar que no existen estudios previos que hayan establecido estos índices en vides de secano, conducidas en cabeza.

Tabla 4. Índices de área foliar (IAF) ( $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ), peso de poda (gr), relación hoja-fruto (H-F) ( $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ ) e índice de Ravaz (IR) ( $\text{g g}^{-1}$ ), para las zonas de loma y vega, en la temporada 2019.

Zona	Hilera	IAF	Peso de poda	H-F	IR
Loma	1	1,39	457	0,6	5,0
Loma	2	0,84	200	1,1	3,8
Loma	3	0,95	227	0,7	6,3
Promedio		1,1	295	0,8	5,0
Vega	1	1,76	577	0,3	9,1
Vega	2	1,34	417	0,5	6,8
Vega	3	1,18	273	0,9	5,0
Promedio		1,4	416	0,6	7,0

\*Cada valor corresponde al promedio de tres plantas. I.A.F.: Índice de Área Foliar; H-F: Relación hoja - fruto; I.R.: Índice de Ravaz.

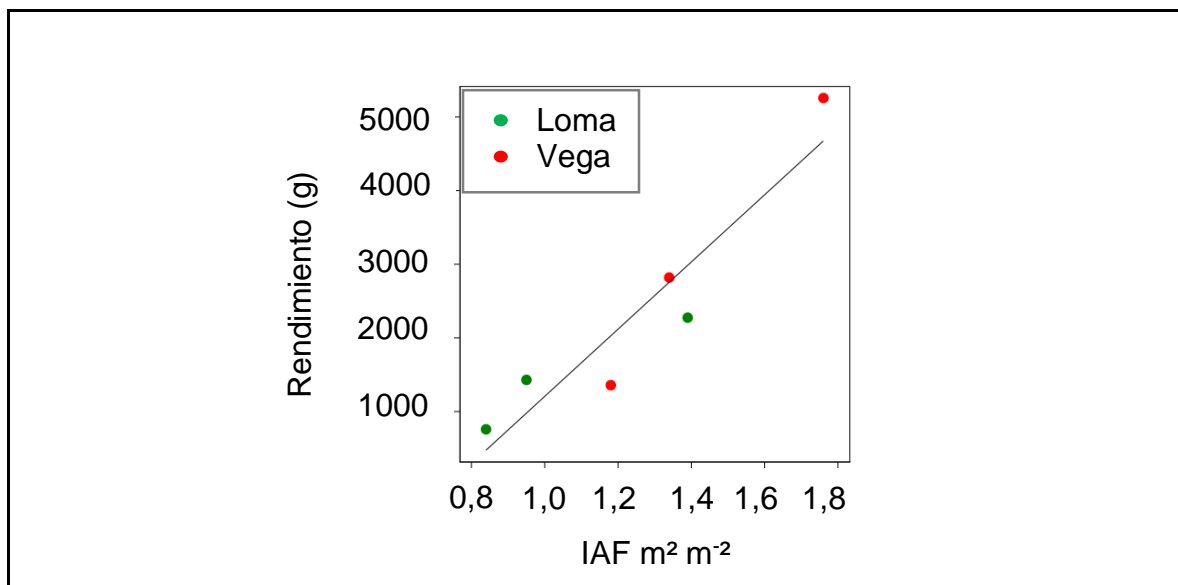
Dicho esto, en un estudio llevado a cabo en diferentes cultivares de vides, se realizaron distintos manejos de dosel y sistemas de conducción, Kliewer y Dokoozlian (2005) observaron que, para lograr un balance en la vid y una correcta maduración de la fruta, es necesario valores en un rango de 0,8 - 1,2  $\text{m}^2$  de hoja  $\text{kg}^{-1}$  de fruta y 0,5 - 0,8  $\text{m}^2$  de hoja  $\text{kg}^{-1}$  de fruta, en sistema de espaldera y espaldera dividida, respectivamente. Y, la relación rendimiento / peso de poda, los valores óptimos están en un rango de 4 - 10 para vides con conducción en espaldera, y 5 - 10 para espaldera dividida. Teniendo en cuenta estos valores, solo en vides de vega se observa una relación hoja-fruto bajo el valor óptimo ( $0,3 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ ), por lo que se considera como sobreproducción (“overcropping”).

### Análisis de regresión

### Regresión IAF y rendimiento

Se observó una regresión positiva y lineal entre el rendimiento por planta y el IAF (Figura 2), en donde, a medida que aumentó la densidad del follaje, se incrementó el rendimiento de las plantas, independiente del sector donde estuviesen.

**Figura 2.** Regresión entre IAF ( $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ) y rendimiento (g) de vides de loma y vega.



Estos resultados muestran, que, los mayores rendimientos se obtienen cuando el IAF es 1,76 y 1,39 ( $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ ) para los sectores de vega y loma, respectivamente. Sin embargo, se debe tener en cuenta la importancia del microclima de luz en los brotes, y el impacto que tiene el sombreado sobre la fertilidad de las yemas. Una correcta exposición a la luz permite una mayor asimilación de carbono, necesario para el proceso de diferenciación de las yemas florales (Sanchez y Dokoozlian, 2005), lo cual es decisivo para sustentar altos rendimientos (Kliewer y Dokoozlian, 2005).

En un trabajo en vides Semillón y Shiraz, Wang *et al.* (2020) observaron que prácticas de manejo de la canopia, principalmente raleo de brotes, influyeron en la fertilidad de yemas, especialmente en el tamaño de los primordios, además de influir en el microclima de la luz, capacidad del crecimiento de brotes y niveles de carbohidratos en la yema.

### **Regresión relación hoja - fruto, Brix y alcohol.**

El análisis del comportamiento entre la relación hoja - fruto ( $\text{m}^2$  hoja por kg de fruta) y la concentración de sólidos solubles en el mosto, y el alcohol en el vino, mostró que un aumento en el índice hoja-fruto se relacionó con un aumento de los Brix y en el grado alcohólico (Figura 3). Sin embargo, en vega, el aumento de Brix no continua cuando la relación hoja - fruto es mayor a  $0,5 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ , sino que disminuye. En loma, por el contrario, la acumulación cesa a los  $0,7 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ . En cuanto a la graduación alcohólica, en vega el comportamiento fue el mismo que en los Brix, no así en loma, en donde los vinos de este sector fueron más alcohólicos a medida que aumentó la relación hoja - fruto.

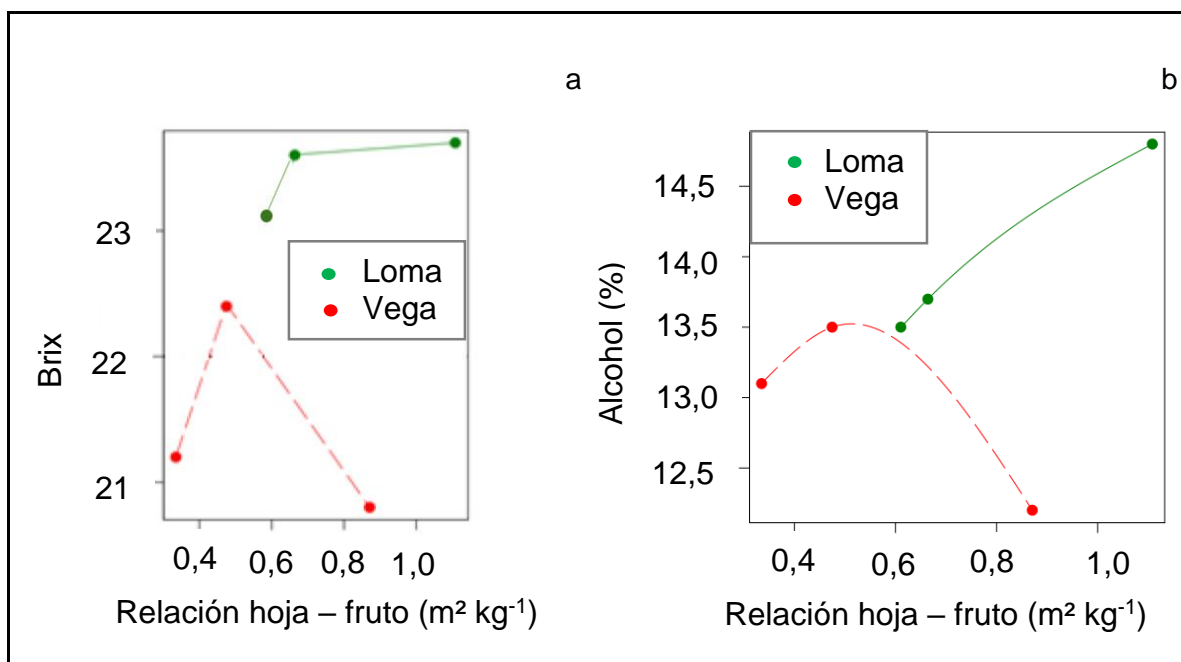
Pareciera que los valores bajos de relación hoja - fruto se asociaron a una limitación de carbohidratos de la fuente (falta de hojas), mientras que valores altos se asociaron a una limitación del sumidero (falta de racimos). Una limitación de la fuente (Keller, 2020) implica una sobrecarga frutal con relación a la superficie foliar expuesta, provocando un balance negativo de carbono en la planta (Gil y Pszczolkowski, 2007) debido a que se exige más allá de la capacidad fotosintética, lo cual conlleva a un menor contenido de azúcar en las bayas (Deloire, 2011). Una limitación desde el sumidero implica que el crecimiento y desarrollo de órganos, como la fruta, pueden estar limitados por la fuerza del sumidero. En otras palabras, los racimos no tendrían suficiente fuerza para captar todo el carbono que las plantas son capaces de utilizar en el crecimiento y desarrollo. Lo razonable sería pensar, que al haber un aumento en la superficie foliar debería aumentar igualmente la fotosíntesis, y con ello, la acumulación de azúcares y alcohol. Sin embargo, para que esto ocurra las hojas deben tener una buena exposición a la luz, de lo contrario un aumento en el área foliar iría en desmedro de la actividad fotosintética de las hojas sombreadas y de la exportación de asimilados que estas realicen a la fruta.

Aun así, es notoria la diferencia de Brix entre ambas zonas, donde la loma marca mayores valores con respecto a vega. Se presume que esto se debe, a que plantas de loma al tener menor carga y menores condiciones para soportar el estrés abiótico, como un menor número de capas de hojas, podría exhibir una maduración adelantada con respecto a la vega. Consecuentemente, el fin del proceso de

maduración también podría ocurrir antes en loma, lo cual podría también estar asociado con una mayor deshidratación de las bayas. El fin de la acumulación de azúcar se ha denominado como “punto cero” (Gil y Pszczolkowski, 2007; Deloire, 2011) y suele estar sucedido por la deshidratación del líquido de la baya, disminuyendo la relación soluto-solvente e incrementando la concentración de los sólidos solubles (Flores, 2017).

Al diferir cada zona en la concentración de azúcares, se pueden producir vinos con diferentes graduaciones alcohólicas, lo cual influye en el tipo o estilo de vino resultante. Un vino más suave se caracteriza por un bajo grado alcohólico, mientras que un vino más fuerte, con un mayor grado alcohólico. Estos resultados resaltan lo crucial que es monitorear el momento de ocurrencia del “punto cero”, cuando comienza la deshidratación de las bayas, puesto que es ese el comienzo del proceso de sobremaduración.

Figura 3. Regresión entre relación hoja - fruto con Brix (a) y alcohol (b), en vides de loma y vega.



Teniendo en cuenta esto, se puede sugerir un manejo diferenciado en ambas zonas. Considerando, que a medida que cambia la relación hoja - fruto, se obtienen vinos



con diferentes graduaciones alcohólicas. Entonces, en vides de loma, para tener vinos más alcohólicos, se debe tener una proporción hoja – fruto de alrededor de  $1,1 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ . Esto, se lograría mediante un raleo de racimos, que permitiría aumentar los  $\text{m}^2$  de follaje por kg de fruta. Ahora, en las vides de vega, para obtener mayor grado alcohólico en los vinos, se debería realizar una poda en verde (“chapoda”), para así lograr una relación hoja - fruto de  $0,5 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ . Este manejo de canopia permitiría obtener una situación microclimática óptima para una correcta distribución de luz en la planta, además de lograr un balance en la relación fuente - sumidero.

### **Regresión de IR y n° de bayas por racimo con azúcar por baya.**

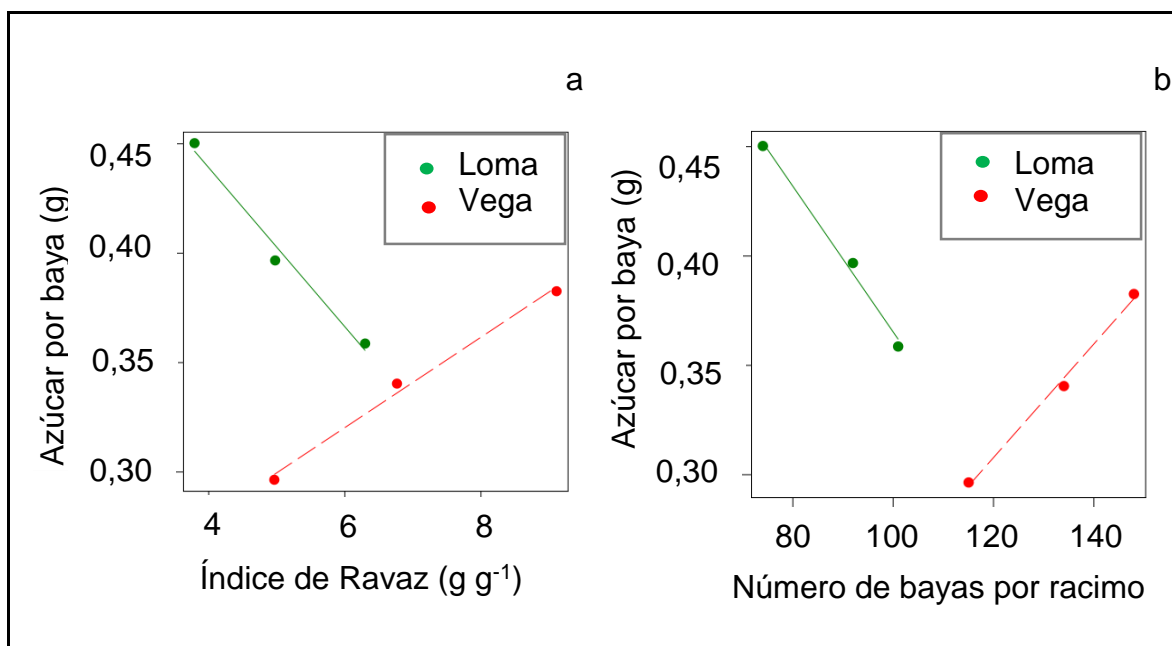
En plantas de loma la cantidad estimada de azúcar por baya se relacionó tanto con el IR (Figura 4a), como con el número de bayas por racimo (Figura 4b). El llenado de azúcar en la baya a través del mecanismo de descarga del floema es altamente dependiente de la actividad fotosintética, por lo cual, la medición de azúcar por baya es considerada como un método para estimar el adecuado funcionamiento fisiológico de la vid (Deloire, 2011; Wang *et al.*, 2003; Hunter y Deloire, 2005). Es por esto, que las plantas de loma que no tengan capacidad fotosintética suficiente para cubrir la demanda de carbono requerida por la fruta, verá inhibida la maduración de las bayas y el aumento de los azúcares en estas (Wang *et al.*, 2003).

Se puede observar que plantas de loma presentan, independiente del valor del IR y del número de bayas por racimo, una mayor cantidad de azúcares por baya. Esto sugiere que las bayas de la loma, a pesar de formar parte de racimos livianos (Tabla 3), logran acumular una mayor cantidad de azúcar que las bayas de racimos más pesados de vega. En loma, la mayor cantidad de azúcares en las bayas ( $0,45 \text{ g baya}^{-1}$ ) se logra cuando el IR es más bajo (Figura 4a), es decir cuando la relación del rendimiento / peso de poda y el número de bayas por racimo son menores. Estos resultados sugieren que las plantas de loma, en sus correspondientes condiciones fisiológicas, están sobre - exigidas por la cantidad de fruta, viéndose limitada la acumulación de azúcares debido a una menor partición de los fotoasimilados en los órganos sumideros (Wang *et al.*, 2003). Consecuentemente, para el rango de IR vistos en loma, se logra el mayor llenado de azúcar por baya cuando el IR alcanza un valor de 4,0, lo cual sugiere que este valor sería el punto de equilibrio para la

relación fuente - sumidero en la loma.

En vega, la relación positiva entre el IR y azúcar por baya (Figura 4a), permite entender que el llenado de azúcar en estas plantas alcanzará su máximo cuando el IR sea 9,0. Plantas con este valor de IR también exhiben un mayor IAF, peso de poda y rendimiento, lo cual sugiere que hay una mayor tasa de asimilación neta de carbono, pues al haber un mayor tamaño de la canopia (correctamente expuesta), podría haber una mayor disponibilidad de fotosintatos para ser exportados hacia los racimos. Además, la presencia de fruta en vides sin estrés, tiende a aumentar el índice fotosintético de las hojas, generando un mayor gradiente de carbohidratos hacia los sumideros (racimos) (Keller, 2020). Misma razón que podría explicar la relación entre número de bayas por racimo y azúcar por baya (Figura 4b) en vega. Así, mientras más bayas por racimo haya, mayor será el llenado de azúcar por baya.

Figura 4. Regresión entre azúcar por baya, con índice de Ravaz (a) y número de bayas por racimo (b) en vides de loma y vega.



### Regresión entre Brix y pH.

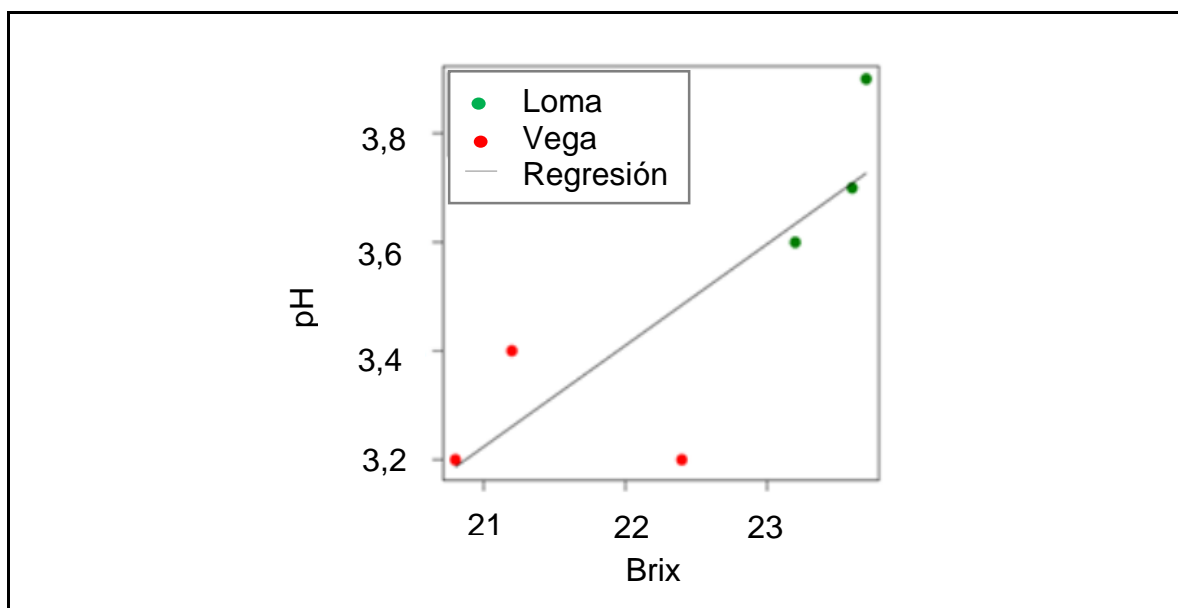
Mostos de vega muestra un menor pH con respecto a loma (Figura 5). Al relacionar el pH de la fruta con los Brix, se observa que mientras mayor es la acumulación de sólidos solubles, mayor será el pH. Lo que se supone, es debido a altas

temperaturas. Como ya se mencionó, la insuficiencia de hojas en las vides de loma, genera una continua exposición de los racimos a la luz y temperatura, lo que impulsa una degradación del ácido málico (Ruffner, 1982), disminuyendo la acidez total, por ende, aumentando el pH de la baya.

Tales resultados son similares a los expuesto por Trought y Bramley (2011), donde en vides de Sauvignon blanc estudiaron la interacción de la variabilidad espacial de un viñedo con la composición de la uva, siendo una de sus observaciones, que plantas clasificadas de menor vigor, en época de maduración, tenían mayor sólidos solubles y pH, y una menor acidez ( $\Delta$  de hasta  $5 \text{ g L}^{-1}$  ác. tartárico), además de una maduración adelantada con respecto a plantas de mayor vigor.

Además, es importante tener en cuenta que altos niveles de pH en mosto y vino, puede dar lugar a la inestabilidad de estos, pues, se tornan susceptibles al deterioro oxidativo y microbiano (Conde *et al.*, 2007; Mehmel, 2010).

Figura 5. Regresión entre Brix y pH de la fruta en vides de loma y vega



## CONCLUSIONES

Los resultados de esta tesis concluyen:

- En una catena, la relación fuente - sumidero de la vid y su impacto en la concentración de sólidos solubles y azúcar en las bayas es distinta para los sectores más altos y más bajos.
- En una catena, la relación fuente - sumidero de la vid y su impacto en la concentración de alcohol en el vino es distinta para los sectores más altos y más bajos.
- Vides de loma mostraron estar limitadas fotosintéticamente desde la fuente, mientras que vides de vega mostraron estar limitadas desde el sumidero.
- Las diferencias de vigor en vides a lo largo de la catena no se relacionaron con diferencias físicas de los suelos hasta los 25 cm de profundidad.
- Prácticas de manejo diferenciado según relaciones fuente – sumidero en vides de loma y vega, permitirían lograr un balance del viñedo teniendo en cuenta las condiciones abióticas estresantes, y a la variabilidad topográfica característica del Valle del Itata.

## REFERENCIAS

1. Aliquó, G.A., A.A. Catania y G.D. Aguado. 2008. La poda de la vid. INTA. Mendoza, Argentina.
2. Arnáez, J., L. Ortigosa, P. Ruiz-Flaño y T. Lasanta. 2006. Distribución espacial del viñedo en la comunidad autónoma de La Rioja: influencia de la topografía y de las formas del relieve. *Polígonos. Revista de Geografía* 16: 11 - 34.
3. Azcón-Bieto, J. y M. Talón. 2013. *Fundamentos fisiología vegetal*. (2a. ed.). McGraw-Hill Interamericana. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. Madrid, España.
4. Baluja, J., M.P. Diago, P. Goovaerts and J. Tardaguila. 2012. Assessment of the spatial variability of anthocyanins in grapes using a fluorescence sensor: relationships with vine vigour and yield. *Precis Agric.* 13: 457 - 472.
5. Bordeu, E. y J.A. Scarpa. 2000. *El análisis químico del vino*. (2a. ed.). Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
6. Bramley, R.G.V., J. Ouzman and P.K. Boss. 2011. Variation in vine vigour, grape yield and vineyard soils and topography as indicators of variation in the

- chemical composition of grapes, wine and wine sensory attributes. *Aust. J. Grape Wine Res.* 17(2): 217 - 229.
7. Conde, C., P. Silva, N. Fontes, A.C.P. Dias, R.M. Tavares, M.J. Sousa, A. Agasse, S. Delrot and H. Gerós. 2006. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food* 1(1): 1 - 22.
  8. Cortell, J.M., H.K. Sivertsen, J.A. Kennedy and H. Heymann. 2008. Influence of vine vigor on pinot noir fruit composition, wine chemical analysis, and wine sensory attributes. *Am. J. Enol. Vitic.* 59(1): 1 - 10.
  9. Deloire, A. 2011. The concept of berry sugar loading. *Wineland* 81 - 83.
  10. Díaz, I. 2014. "Cepa país": Proyecto para la innovación, diversificación y agregación de valor en el sector vitivinícola nacional. *Tierra Adentro* 107: 11 - 15.
  11. Edwards, E., J. Smith, A. Walker, C. Barril, A. Boettcher, D. Foster, J. Gouot, P.R. Clingeleffer and B. Holzappel. 2016. Targeted manipulation of vine balance: does vine balance directly affect fruit composition? 16<sup>th</sup> Australian wine industry technical Conference. July 24 - 28, 2016. Australian wine research institute. Australia
  12. Ferreyra, R. G, Sellés. R. Ruiz and I. Sellés. 2003. Effect of water stress applied at different development periods of grapevines cv. Chardonnay on production and wine quality. *Agric. Téc.* 63(3): 227 - 286.
  13. Flores, C. 2017. Validación del "Berry sugar loading" como un indicador de cosecha alternativo al brix para cultivares blancos y tintos en el Valle del Itata, región de Bio bío. Memoria de título, Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Chillán, Chile.
  14. Gil, G.F. y P. Pszolkowski. 2007. Viticultura: fundamentos para optimizar la producción y calidad. *Cien. Inv. Agr.* 34(3): 243 - 243.
  15. Greer, D. and M. Weedon. 2011. Modelling photosynthetic responses to temperature of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Semillon) leaves in vine grown in a hot climate. *Plant Cell Environ.* 35(6): 1050 - 64.
  16. Hunter, J.J. and A. Deloire. 2005. Relationship between sugar loading and berry size of ripening Syrah/R99 grapes as affected by grapevine water status.

Gesco XIVeme journees du groupe europeen d'etude des systems de conduit de la vigne. Août 23 - 27, 2005. Geisenheim, Allemagne.

17. Keller, M. 2020. The science of grapevines. (3a. ed.). Academic Press. Washington, United States.
18. Keller, M. 2010. The science of grapevines. Academic Press. Washington, United States.
19. Kliewer, M.W. and N.K. Dokoozlian. 2005. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture* 56(2): 170 - 181.
20. Matsui, S., K. Ryugo and W.M. Kliewer. 1991. Lowered berry quality due to heat stress at the early ripening stage of berry growth in a seeded grapevine, *Vitis vinifera* L. *Agris* 56: 139 - 145.
21. Mehmel, T. 2010. Effect of climate and soil water status on cabernet sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grapevine in the Swartland region with special reference to sugar loading and anthocyanin biosynthesis. M. Sc. Agric. Thesis. Stellenbosch University, Faculty of Agrisciences. South Africa.
22. Mora, Z., F. Arriagada y I. Serra. 2020. Chile se hace vino en el Itata: la enología ancestral del valle único. Kushe spa. Chillán, Chile.
23. Ortega-Farias, S. R. Salazar y Y. Moreno. 2007. Efecto de distintos niveles de poda y reposición hídrica sobre el crecimiento vegetativo, rendimiento y composición de bayas en vides cv. Cabernet Sauvignon. *Agric. Téc.* 67(4): 401 - 413.
24. Pastore, C., S. Zenoni, G.B. Tornielli, G. Allegro, S. Dal Santo, G.Valentini, C. Intriari, M. Pezzotti and I. Filippetti. 2011. Increasing the source/sink ratio in *Vitis vinifera* (cv Sangiovese) induces extensive transcriptome reprogramming and modifies berry ripening. *BMC Genomics* 1 - 23.
25. Reynolds, A., R.M. Pool and L.R. Mattick. 1986. Influence of cluster exposure on fruit composition and wine quality of seyval blanc. *Vitis – Geilweilerhof* 25: 85 - 95.
26. Rojas, E. Índice de área foliar en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. En la región del Bio bío, Chile. Memoria de título, Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Santiago, Chile.

27. Ruffner, H.P. 1982. Metabolism of tartaric and malic acids in *Vitis*: A review – part B *Vitis* – J. Grapevine Res. 21: 346 – 358.
28. Sanchez, L.A. and N.K. Dokoozlian. 2005. Bud microclimate and fruitfulness in *Vitis vinifera* L. Am. J. Enol. Vitic. 56(4): 319 - 329.
29. Santesteban, L.G., C. Miranda and J.B. Royo. 2010. Vegetative growth, reproductive development and vineyard balance. Vegetative and reproductive growth 45 - 56.
30. Santesteban, L.G. and J.B. Royo. 2006. Water status, leaf area and fruit load influence on berry weight and sugar accumulation of cv. 'tempranillo' under semiarid conditions. Scientia Horticulturae 109(1): 60 -65.
31. Spayd, S.E., J. Tarara, D.L. Mee and J.C. Ferguson. 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. Am. J. Enol. Vitic. 53(3): 171 - 182.
32. Trought, M and R.G.V. Bramley. 2011. Vineyard variability in Marlborough, New Zealand: characterizing spatial and temporal changes in fruit composition and juice quality in the vineyard. Australian Journal of Grape and Wine Research 17(1): 79 - 89.
33. Vaillant-Gaveau, N. G. Wojnarowicz, A. Petit, L. Jacquens, L. Panigai, C. Clément y F. Fontaine. 2013. Source / sink relation in fruiting cuttings of grapevine (*Vitis vinifera* L.) during the inflorescence development. J. Int. Sci. Vigne. Vin. 48: 219 - 229.
34. Wang, Z. A, Deloire. A, Carbonneau. B, Federspiel and F. López. 2003. An in vivo experimental system to study sugar phloem unloading in ripening grape berries during water deficiency stress. Ann. Bot. 92: 523 - 528.
35. Wang, X. S, Lesefko. R, De Bei. S, Fuentes and C. Collins. 2020. Effects of canopy management practices on grapevine bud fruitfulness. Oeno One. 54(2): 313 - 325.
36. Winkler, A.J. 1958. The relation of leaf area and climate to vine performance and grape quality. Am. J. Enol. Vitic. 9: 10 - 23.

37. Zhao, W. L, Liu. Q, Shen. J, Yang. X, Han. F, Tian and J, Wu. 2020. Effects of water stress on photosynthesis, yield, and water use efficiency in winter wheat. *Water J.* 12(8): 2127.