

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



USO DE POLVO DE VENDIMIA PARA MITIGAR EL EFECTO
ORGANOLÉPTICO DEL HUMO EN VINOS DE *VITIS VINIFERA* L. CV.

CINSAULT

POR

NATHALIE KATALYNE CARRILLO VIDAL

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

CHILLÁN – CHILE
2025

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA

USO DE POLVO DE VENDIMIA PARA MITIGAR EL EFECTO
ORGANOLÉPTICO DEL HUMO EN VINOS DE *VITIS VINIFERA* L. CV.
CINSAULT

POR

NATHALIE KATALYNE CARRILLO VIDAL

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

CHILLÁN – CHILE
2025

Aprobada por:

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

Guía

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

Asesor

Profesor Asociado. Inés Figueroa C.
Ing. Agrónomo, M. Sc. Dr.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.
Ing. Agrónomo, M. Sc.

Decano

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen.....	1
Summary.....	1
Introducción	2
Materiales y Métodos.....	6
Resultados y Discusión.....	11
Conclusiones.....	17
Referencias.....	18

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Página
Figura 1 Esquema de prueba sensorial del triángulo. Dos muestras son idénticas (X) y una muestra es diferente (Z).....	11
Tabla 1 Escala de evaluación de la prueba hedónica de los vinos...	10
Tabla 2 Parámetros químicos del mosto inicial.....	12
Tabla 3 Parámetros químicos de los vinos resultantes de cada tratamiento.....	14
Tabla 4 Concentración de guaiacol en botella	14
Tabla 5 Puntuación asignada por los jueces a los vinos de cada tratamiento durante la evaluación hedónica	16
Tabla 6 Resultados estadísticos en la diferenciación de los jueces entre los vinos de cada tratamiento para la prueba del triángulo	17

USO DE POLVO DE VENDIMIA PARA MITIGAR EL EFECTO ORGANOLÉPTICO DEL HUMO EN VINOS DE *VITIS VINIFERA* L. CV. CINSAULT

USE OF GRAPE POWDER TO MITIGATE THE ORGANOLEPTIC EFFECT OF SMOKE IN *VITIS VINIFERA* L. CV. CINSAULT WINES

Palabras índice adicionales: alternativos de madera, características organolépticas, incendios, Chile, Vinificación.

RESUMEN

El rubro vitivinícola es uno de los más afectados por los incendios forestales, generando pérdidas millonarias, devastando ecosistemas, infraestructuras, cultivos y vidas humanas. El humo afecta las uvas, produciendo vinos con sabores y aromas ahumados que afectan su calidad. El objetivo de este estudio fue determinar la eficacia del uso del polvo de vendimia como estrategia para mitigar el efecto organoléptico negativo del humo en vinos de *Vitis vinifera* L. cv. Cinsault. Se elaboraron vinos de la variedad Cinsault provenientes de viñedos afectados por el humo de incendios, utilizando distintas dosis de polvo de vendimia. Los resultados indican que el tratamiento con polvo de vendimia logró mitigar de manera significativa el efecto organoléptico por la presencia de compuestos no deseados, como guaiacol y metilguaiacol, asociados con el humo. Además, se observaron cambios en las características organolépticas de los vinos tratados, mejorando su perfil sensorial en comparación con el vino testigo. Sin embargo, la aceptación de los vinos tratados varió entre los catadores, sugiriendo la influencia de la dosis de polvo de vendimia en la preferencia del consumidor. Estos hallazgos resaltan la eficacia del polvo de vendimia como una herramienta para mejorar la calidad de los vinos afectados por humo, así como la importancia de considerar factores como la dosificación y condiciones de producción en la aplicación de esta técnica enológica.

SUMMARY

The wine industry is one of the most affected by forest fires, generating millions of dollars in losses, devastating ecosystems, infrastructure, crops and human lives.

The smoke affects the grapes, producing wines with smoky flavors and aromas that affect their quality. The objective of this study was to determine the efficacy of using grape harvest dust as a strategy to mitigate the negative organoleptic effect of smoke in wines of *Vitis vinifera* L. cv. Cinsault. Wines of the Cinsault variety from vineyards affected by fire smoke were made using different doses of grape harvest dust. The results indicate that the treatment with grape harvest dust significantly mitigated the organoleptic effect of the presence of undesirable compounds, such as guaiacol and methylguaiacol, associated with smoke. In addition, changes were observed in the organoleptic characteristics of the treated wines, improving their sensory profile compared to the control wine. However, the acceptability of the treated wines varied among tasters, suggesting the influence of vintage powder dosage on consumer preference. These findings highlight the efficacy of grape harvest powder as a tool to improve the quality of smoke-affected wines, as well as the importance of considering factors such as dosage and production conditions in the application of this oenological technique.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, los incendios forestales han sido una preocupación en distintas regiones del mundo, especialmente por el incremento en su ocurrencia producto de la actividad humana y cambios en el clima (Díaz-Hormazábal y Gonzales, 2016) afectando varias zonas alrededor del mundo. Estos incendios de gran magnitud, denominados “eventos de incendios extremos” o “megaincendios” han ocurrido en grandes territorios como Australia, Amazonas y California durante la temporada 2019-2020 (Rapanague, 2022), generando graves daños como pérdidas de vidas humanas, damnificados, infraestructura, degradación de ecosistemas nativos y emisiones de gases de efecto invernadero (González *et al.*, 2020)

Chile no fue una excepción ya que durante el verano del 2023 fue afectado por una serie de incendios forestales simultáneos, que abarcó una superficie aproximada de 363.000 hectáreas (CONAF, 2023). Este país cuenta con una superficie aproximada de 750.000 kilómetros cuadrados, donde destacan

características como su extrema longitud, barreras naturales formadas por el cordón de cordilleras ubicado en su frontera con Argentina y las corrientes marinas subtropicales en el norte y polares desde el sur. Además, se caracteriza por ser una potencia mundial en cuanto a la viticultura, siendo el único país del mundo que posee más de 129.000 hectáreas de viñedos dedicados a vinificación de cepajes blancos y tintos (SAG, 2023) libres de la plaga *Phylloxera vastatrix* (Aravena, 2015) y de virus trasmisibles pertenecientes a familias como *Potyviridae* y *Closteroviridae* (Umer, *et al.*, 2019). Estas características dan como resultado, una amplia variedad de mesoclimas y suelos adecuados para el cultivo de vides. Permitiendo el desarrollo de diferentes zonas vitivinícolas con características y estilos de vino distintivos (Ruiz, 2011). Uno de los valles vitivinícolas más importantes del centro sur de Chile es Valle del Itata, ubicado en la región del Ñuble, el cual cuenta con aproximadamente 377 mil hectáreas de superficie, siendo 10 mil destinadas a la viticultura (ODEPA, 2021). El Valle del Itata ha sido históricamente reconocido por su clima mediterráneo y suelos volcánicos, condiciones ideales para el cultivo de vides de alta calidad.

Durante los incendios forestales ocurridos en la zona centro-sur del país se estima que, en el Valle del Itata el 80 % de las viñas habrían sido afectadas (SERNATUR, 2023), zona en la cual sucedieron alrededor de 500 focos de incendios (CONAF, 2023).

Según el catastro vitícola nacional (ODEPA, 2021), el Valle del Itata cuenta con 10.369 ha de vides plantadas, siendo 60 % de su superficie destinada a la variedad tintas, donde destacan País, Cabernet sauvignon, Merlot, Syrah, entre otros. Actualmente, el cultivar Cinsault se posiciona como la tercera cepa vinífera más plantada en la región de Ñuble con 831 ha. Comúnmente conocida por los lugareños de la zona como “cargadora”, es cultivada por pequeños viticultores bajo el sistema de conducción en cabeza o gobelet, en condiciones de secano y a pie franco.

Este cultivar es ampliamente cultivado en el Valle del Itata, donde ha adquirido reconocimiento. Los vinos elaborados con uvas Cinsault en esta región presentan características organolépticas distintivas. Con aromas de frutos rojos frescos y notas florales sutiles. Estos vinos ofrecen una experiencia sensorial agradable. En

boca, son suaves y ligeros, con taninos sedosos y una acidez moderada (Leborgne *et al.*, 2023). Fenológicamente, el cultivar Cinsault madura temprano en las temporadas de vendimia, lo que es beneficioso en climas más frescos (Julien, 2018). Culturalmente, esta cepa tiene una conexión histórica con el Valle del Itata, ya que fue de las primeras variedades plantadas en la región durante la colonización española. Su cultivo y producción de vinos han contribuido al patrimonio vitivinícola local, sumando diversidad y autenticidad al panorama vinícola chileno (Rojas, 2015).

Durante la temporada 2022-2023, la superficie cultivada de la variedad Cinsault disminuyó en un 30 % en comparación con la temporada anterior (ODEPA, 2021) debido principalmente a la disminución en la calidad de las uvas, siendo imposible cosechar uva quemada o con ceniza en su superficie, conforme a que esto afecta el sabor y la calidad de los vinos producidos con estas uvas. Además, las altas temperaturas provocadas por los incendios generaron daños en viñedos y bodegas a su alrededor, reduciendo la producción de uva en la zona.

Si bien los incendios pueden dañar los viñedos directamente, también hay daños indirectos significativos causados por el humo que llega a las bayas de la vid, lo que resulta debido a una prolongada o intensa exposición al humo de las vides (Krstic *et al.*, 2015).

Pineda (2020) encontró que varios viñedos de Cinsault cercanos a focos del mega-incendio en la temporada 2017-2018 presentaron aromas y/o sabores no deseados por lo que se sugiere realizar análisis sensoriales y/o analíticas con el fin de evaluar el potencial de riesgo de la depreciación de la calidad organoléptica de estos vinos.

Varios estudios indican que las bayas de vides expuestas al humo de incendios forestales producen vinos con una elevada concentración de fenoles volátiles y glucoconjugados (Kennison *et al.*, 2007; Hayasaka *et al.*, 2010; Kelly *et al.*, 2012). Los fenoles volátiles se producen cuando hay una degradación de la lignina (corteza de madera) que entra en contacto con los racimos que se encuentran susceptibles, alojándose en la piel de las bayas o siendo absorbidos y metabolizados rápidamente por estas, adhiriéndose a azúcares y formando compuestos combinados mejor

conocidos como los glucosilados. A partir de estos compuestos volátiles, se forman los vinil fenoles (Peña, 2017), conocidos como guaiacol (Gu) y 4-metilguaiacol (4MGu), entre otros, los cuales en los procesos de fermentación y envejecimiento se observa una descomposición de ciertos compuestos fenólicos, lo que resulta en aromas y sabores no deseados, como notas ahumadas y fenólicas, afectando la percepción sensorial del vino (Culbert *et al.*, 2021).

Peña (2017) indica que, en bayas de vides no expuestas al humo, se han observado niveles entre 0,10 a 0,30 ppb de guaiacol y 4-metilguaiacol. Dentro de este contexto pueden observarse niveles de guaiacol de hasta 55 ppb o más en bayas contaminadas con humo, siendo la relación guaiacol / 4-metilguaiacol promedio de 3,70 / 1 (Herve *et al.*, 2011). Considerando que la vinificación en tinto implica la fermentación del mosto en constante contacto con hollejos y semillas, la medición de ambos fenoles en muestras de mosto resulta ser un buen predictor a la hora de realizar análisis de niveles potenciales en vinos (Whiting y Krstic 2007).

Vinos afectados por humo tienen poca o nula aceptación entre los consumidores y, por lo tanto, la exposición al humo puede causar un impacto económico negativo significativo en los viticultores y bodegueros (Whiting y Krstic 2007). Mirabelli-Montan *et al.* (2021), indican que a pesar de existir técnicas durante la vinificación que reducen el aroma y sabor a humo, estos no logran reducir por completo los niveles de guaiacol y 4-metilguaiacol.

En este contexto, la industria vitivinícola ha enfrentado grandes desafíos, dando lugar a la innovación y desarrollo de soluciones específicas por parte de empresas líderes, entre las cuales destaca Nadalie. Una de las respuestas concretas a estos desafíos es el producto "Polvo de vendimia", una solución diseñada para contrarrestar los efectos adversos del humo en la calidad de las uvas y, consecuentemente, en la producción vinícola.

Este producto es una composición elaborada a partir de restos seleccionados de barricas de roble. El cual se aplica estratégicamente durante el proceso de fermentación en la vinificación, con el objetivo de mitigar los impactos negativos del humo. Se caracteriza por su capacidad de absorber y neutralizar compuestos no deseados, como los fenoles volátiles generados por la exposición al humo,

preservando así sus características organolépticas. La mezcla de partículas de roble contribuye a minimizar la presencia de aromas y sabores indeseados, asegurando que la calidad del producto final no se vea comprometida por las condiciones adversas asociadas al humo.

Este estudio plantea como hipótesis que, la aplicación de “polvo vendimia” durante la fermentación alcohólica en vinos de *Vitis vinífera* L. cv. ‘Cinsault’, mitiga los efectos organolépticos desagradables que se generan en el vino por uva expuesta al humo. El objetivo general de esta investigación fue evaluar la eficacia del polvo de vendimia como estrategia enológica para mitigar los efectos organolépticos desagradables del humo en vinos elaborados con *Vitis vinífera* L. cv. Cinsault, expuestas a incendios forestales. Para ello, se plantearon los siguientes objetivos específicos: (i) determinar los cambios en los parámetros químicos del vino, como pH, acidez total, azúcar residual y concentración de guaiacol, tras la aplicación de distintas dosis de polvo de vendimia durante la fermentación alcohólica; (ii) evaluar el efecto del polvo de vendimia sobre las características sensoriales del vino, mediante pruebas hedónicas y triangulares realizadas por un panel de catadores expertos; e (iii) identificar la dosis óptima de polvo de vendimia que permita mejorar la aceptación organoléptica del vino sin alterar significativamente sus propiedades enológicas esenciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo con uvas provenientes de un viñedo del cultivar Cinsault ubicado en la viña Castillo del Valle (36°35'37.5" S y 72°39'12.6" W) al norte de la comuna de Ranquil en el Valle del Itata, Región de Ñuble, Chile. El viñedo tiene un régimen de secano, bajo un sistema de conducción de cabeza y una densidad de 5.000 plantas por hectárea. El cultivo se dispone geográficamente en una planicie y laderas con pendientes pronunciadas, con un manejo agronómico que consiste en laboreos de aporcar con azadón, poda invernal y aplicaciones bajas de fertilizantes en conjunto a las aplicaciones de azufre, como manejo fitosanitario.

Cosecha de uva

El día 20 de marzo de 2023 se llevó a cabo la recolección de la uva, determinando

el momento de la cosecha mediante la evaluación de los sólidos solubles por medio de lectura de °Brix mediante refractómetro digital (ATAGO, 3810 PAL-1, Japón). La cosecha comenzó cuando las bayas alcanzaron 22,5 °Brix. En el marco de este ensayo, se obtuvo un total de 250 kg durante la cosecha, los cuales fueron recolectados en 13 cajas cosecheras de plástico, cada una con capacidad para 20 kg aproximadamente. Posteriormente, el traslado de la uva y su recepción en la bodega tuvo lugar en la tarde del 21 de marzo de 2023.

Vinificación

Esta investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de microvinificación “Ricardo Merino Hinrichsen”, ubicado en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, campus Chillán.

El protocolo de vinificación comenzó con el despalillado y molienda respectiva de los 250 kg de uva que fueron distribuidos en 12 tanques de plástico de 25 litros, correspondiente a 20 kg de mosto y hollejo cada uno.

Los estanques se lavaron previamente con una solución de soda cáustica (NaOH) al 1 % y acción manual con cepillo plástico durante cinco minutos. Por último, agua limpia durante un minuto y sanitización con ácido peracético al 0,15 % durante cinco minutos (Henríquez, 2018).

Para el análisis químico inicial, se seleccionaron 200 bayas al azar, y se almacenaron en una bolsa con cierre hermético para posterior análisis. Se determinaron los siguientes parámetros químicos:

Sólidos Solubles (°Brix). Se midió el contenido de sólidos solubles en el mosto utilizando un refractómetro digital modelo ATAGO, 3810 PAL-1 de Japón.

Acidez Total (g L⁻¹ ácido tartárico). Se determinó la acidez total del mosto mediante titulación volumétrica (ácido-base) utilizando NaOH 0,1 N y fenolftaleína como indicador, siguiendo el método de Bordue y Scarpa (2000).

Determinación de pH. El pH del mosto se obtuvo mediante potenciometría utilizando un pH-metro marca Thermo Scientific Orion Star A221.

La fermentación alcohólica comenzó con una densidad inicial de 1100 d 20/20, donde en conjunto se realizó la adición de levadura (Safoeno™ VR44), previamente hidratada e inoculada en el mosto. Al mismo tiempo se agregó la dosis

respectiva de polvo de vendimia, aplicando tres tratamiento con tres repeticiones cada uno en dosis creciente de 2, 4 y 8 g L⁻¹, según el fabricante, más un tratamiento testigo sin aplicación.

Al tercer día del proceso de fermentación alcohólica, se agregaron nutrientes (NUTRISTART), con una dosis de 10 g hL⁻¹, esto con el fin de favorecer la multiplicación de las levaduras, obteniendo así una fermentación constante en temperatura y densidad.

Durante este proceso, se realizó pisoneo manual del sombrero diariamente, dos veces al día, hasta que la densidad relativa alcanzó los 1.020 d 20/20. A partir de esa densidad, el pisoneo se realizó una vez al día hasta finalizar la FAL. Cabe destacar que el rango de temperatura para esta etapa comprendió un rango de 23 °C y máximo 30 °C, e idealmente manteniendo un rango aproximado de 25 °C durante la mayor parte del tiempo. Una vez alcanzada la densidad de 992 d 20/20, se procedió al descube y prensado del ensayo completo. Se obtuvieron bidones de 5 litros de vino, separados por tratamiento y repetición, rotulados en vino gota y vino prensa.

El inicio de la fermentación maloláctica (FML) se desarrolló de forma espontánea, sin inoculación de cultivos seleccionados de bacterias lácticas. La presencia o no de ácido málico durante la FML se midió mediante cromatografía de determinación maloláctica. Las condiciones de temperatura se mantuvieron a una temperatura constante de 24 °C durante el proceso de FML.

Una vez finalizada la FML de cada tratamiento y repetición, el vino se desborró y se trasegó a tanques plásticos de cinco litros de capacidad.

Posteriormente del trasiego, el vino de los distintos tratamientos, se analizó para determinar pH, acidez total, azúcares residuales, grado alcohólico, SO₂ libre, para ser corregido a 35 mg L⁻¹.

La embotellación y encorchado se realizó de forma manual en botellas de 750 cc.

Análisis químicos del vino

Los análisis químicos se llevaron a cabo siguiendo el protocolo establecido por Bordeu *et al.* (2000), en el Laboratorio de Enología de la Universidad de Concepción. La medición del pH se llevó a cabo utilizando potenciometría, mientras

que la acidez total (expresada en g L⁻¹ de ácido tartárico) se determinó mediante titulación volumétrica. La concentración de dióxido de azufre libre (expresada en mg L⁻¹) se midió utilizando el método de Ripper. La acidez volátil (expresada en g L⁻¹ de ácido acético) se determinó utilizando el método de Blarez. El grado alcohólico (% Vol.) se midió mediante destilación y posterior aerometría. Para la medición del azúcar residual (expresada en g L⁻¹), se empleó el método de Fehling.

Cuantificación de guaiacol en los vinos

Para la extracción del guaiacol se tomó una submuestra de 50 mL de cada muestra de vino testigo. Posteriormente, se inició con el proceso de extracción por medio del uso de 10 mL de hexano en un embudo de decantación, se deja reposar por 10 min y se separa la fase orgánica de la fase acuosa. Se extrajo la fase orgánica que es donde se encuentran los compuestos volátiles del vino.

Este procedimiento de extracción se realizó dos veces, para lo cual se juntan las dos extracciones y se mide 1 mL de muestra con el cromatógrafo de gas con detector FID (Agilent 6890 N, Agilent Technologies, Estados Unidos), el cual posee un programa de cromatografía tipo de columna HP-5 (0,25 µm, 30 m, 0,25 mm). Este procedimiento se realizó en todos los tratamientos finalizando FML y posteriores desborres tras estar en frío a 5 °C.

El cromatógrafo se calibró con un estándar de guaiacol (Merck KgaA, Darmstadt, Alemania), el cual posee una densidad de 1,12 g mL⁻¹, se diluyó en hexano y se prepararon soluciones en concentraciones de 10 a 100 ppm.

Posteriormente se comparó el área y altura de la cima del analito en la muestra con el área y altura de la cima de estándar de concentración conocida de la sustancia.

Diseño experimental

Este ensayo presentó un diseño completamente al azar, en el que cada tratamiento se replicó tres veces. Se desarrollaron tres tratamientos, además de un testigo, los cuales consistieron en la aplicación de polvo vendimia en diferentes porcentajes, a excepción del tratamiento testigo que no tuvo ninguna aplicación. En resumen, los tratamientos y la dosis de polvo vendimia fueron los siguientes:

Testigo: mosto y hollejo sin adición de polvo vendimia. Tratamiento 1: adición de

2 g L⁻¹ de polvo vendimia. Tratamiento 2: adición de 4 g L⁻¹ de polvo vendimia. Tratamiento 3: adición de 8 g L⁻¹ de polvo vendimia.

Análisis Sensorial

Se embotellaron un total de 36 botellas de 750 cc, obteniendo tres botellas por cada repetición de los tres tratamientos y el testigo, las cuales fueron analizadas mediante un panel de expertos compuesto por seis enólogos, quienes realizaron dos pruebas sensoriales. La primera, fue la aceptación del vino o prueba hedónica, que consistió en degustar los 12 vinos experimentales y clasificarlos según los parámetros que se describen en detalle en la Tabla 1.

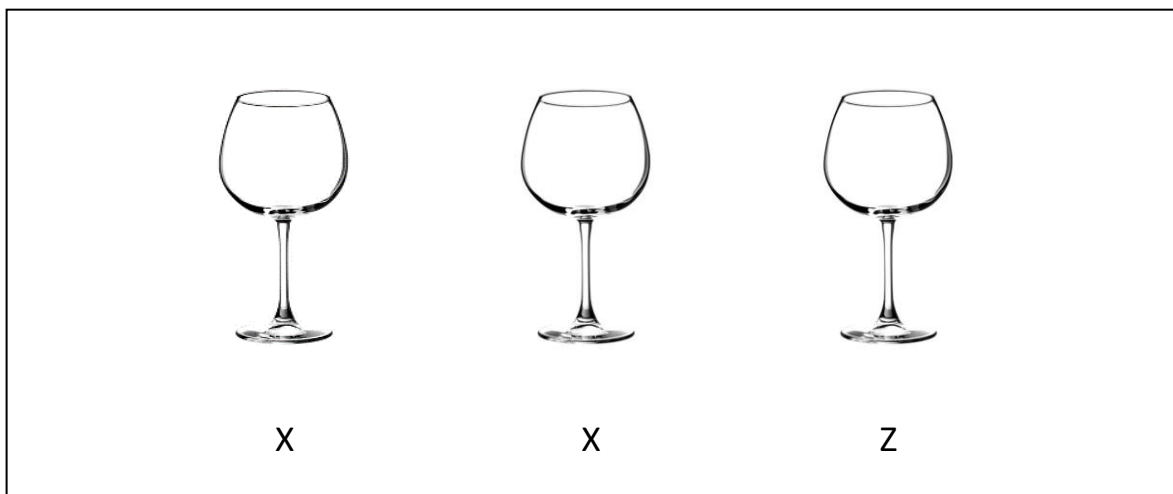
Tabla 1. Escala de evaluación de la prueba hedónica de los vinos.

Tabla de Puntuación	
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Fuente: Elaboración propia del autor de la investigación.

La segunda prueba sensorial consistió en la prueba del triángulo, el cual se realizó de acuerdo con el método propuesto por Amerine y Roessler (1976), Donde se plantea que un grupo de 6 enólogos expertos fueron los responsables de evaluar estos ensayos. En esta prueba, se presentaron a cada jurado tres muestras, dos de las cuales son idénticas (X) y una es diferente (Z). Se les solicitó a los jurados que seleccionen la muestra que presenta diferencias (Figura 1).

Figura 1. Esquema de prueba sensorial del triángulo. Dos muestras son idénticas (X) y una muestra es diferente (Z).



Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las pruebas químicas fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), donde se ocupó el diseño completamente al azar.

Luego los supuestos de normalidad fueron comprobados a través de Shapiro-Wilk y la prueba de homogeneidad de varianza de Levene. En caso de que se cumplan los supuestos se llevó a cabo una comparación de DMS con Fisher, con un nivel de significancia del 5 % ($p < 0,05$). De acuerdo con los autores Amerine y Roessle, (1976), se utilizó un nivel de significancia del 5 % para la prueba del triángulo.

Para las pruebas hedónica y de triángulo, los datos fueron sometidos a un análisis de varianza no paramétrico con la prueba de Kruskal Wallis. Los datos fueron analizados por el software estadístico InfoStat Statistical, Versión 2008 (Balzarini *et al.*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características del mosto

En la Tabla 2, se muestran los resultados obtenidos del primer análisis realizado al mosto o jugo, el cual se obtuvo a partir de las uvas recibidas en la bodega.

Se observa que los valores de °Brix y pH se encuentran dentro de los parámetros de madurez óptima que señala Jackson (2008) para el cultivar utilizado en este estudio, los cuales se encuentran en el rango de 21-24 °Brix, que indican 12-14

grados de alcohol probable, y un pH de 3,4–3,7.

Por otro lado, el contenido de acidez total del mosto (2,77 g L⁻¹ ácido tartárico) se encuentra bajo en comparación al rango óptimo de 3,80 – 6,00 g L⁻¹ ácido tartárico que señala el mismo autor. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la investigación indica que la cantidad de ácidos orgánicos en la uva, como el ácido málico, tartárico y cítrico, varía según la región y el clima en los que se cultiva la vid. Por ejemplo, se ha observado que las regiones más frías tienden a tener niveles más altos de ácido málico en comparación con las regiones más cálidas (Samarasekara *et al.*, 2018).

Tabla 2. Parámetros químicos del mosto inicial.

°Brix	pH	Acidez Total (g L ⁻¹ de ácido tartárico)
22,70	3,37	2,77

Análisis químico del vino

Todos los resultados obtenidos en los análisis químicos del vino previo a la embotellación se ajustaron a los valores exigidos y establecidos por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) conforme a lo dispuesto en la Ley 18.455 y no se encontraron diferencias significativas a excepción de los análisis correspondientes a acidez total y azúcar residual. Se observa que, entre los resultados de grados alcohólicos, el tratamiento que tuvo un mayor grado alcohólico fue el testigo, con 12,70 %vol., mientras que el de menor grado alcohólico fue el tratamiento 1 (2 g polvo vendimia), con 12,13 %vol. (Tabla 3), sin diferencias significativas. Se aprecia que existe una tendencia a una disminución de grados alcohólicos en los tratamientos, al ser comparados con el testigo (sin polvo vendimia). Información coincidente con la investigación de Merino (2015), la cual indica que la cantidad de oxígeno cedida por la madera nueva cortada en astillas es mayor que la cedida por los tabloncillos de las barricas, lo que puede explicar la disminución aparente del grado alcohólico en los vinos con adición de polvo vendimia en comparación con los tratamientos que carecen de su aplicación.

Con respecto al pH, no se obtuvieron diferencias significativas en los vinos de los diferentes tratamientos y el testigo, obteniendo un rango de 3,61 a 3,77 (Tabla 3),

los cuales están dentro de los valores normales de pH en vinos tintos, según indica Jackson (2008) para este cultivar. Aunque cabe destacar que al comparar el pH del vino previo a la embotellación (Tabla 3) con el pH del mosto inicial (Tabla 2), se identifica un aumento de 0,24 a 0,40 unidades de pH. Esto es concordante según lo investigado por Bartowsky y Borneman (2011), ya que luego de una FML exitosa, se puede llegar a observar un aumento de 0,20 a 0,50 unidades en el pH.

En términos de acidez total, expresados en ácido tartárico (Tabla 3), se obtuvieron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos 1 y 2. Se observa que el contenido más bajo, con un valor de $2,70 \text{ g L}^{-1}$, corresponde al testigo (sin polvo vendimia). Es importante resaltar que, a pesar de la falta de regulación específica en la ley chilena respecto al contenido de acidez total en el vino, los niveles de acidez total observados en los vinos sometidos a diferentes tratamientos a excepción del testigo se encuentran dentro del rango encontrado en vinos tintos embotellados, que oscila entre $3,60$ y $6,00 \text{ g L}^{-1}$ para esta variedad (Jackson, 2008). Al comparar el contenido de acidez total de los tratamientos 1, 2 y 3 con respecto a la acidez total inicial del mosto (Tabla 2), se observa un notable aumento de $1,56$; $1,86$ y $1,20 \text{ g L}^{-1}$ de ácido tartárico en cada tratamiento, respectivamente. Este incremento puede ser atribuible a la incorporación de madera (polvo vendimia) durante la vinificación. Específicamente, la madera, puede liberar compuestos como los taninos, que tienden a aumentar la acidez total del vino (Hernández, 2016). En contraste, en el tratamiento testigo se registró una ligera disminución de $0,07 \text{ g L}^{-1}$ de ácido tartárico, este comportamiento es lógico ya que se atribuye a la ausencia de madera y al éxito de la fermentación maloláctica (FML), durante la cual el ácido málico se convierte en ácido láctico, lo que resulta en un aumento del pH y, por ende, en una disminución de la acidez titulable (Bartowsky y Borneman, 2011).

Con respecto a la acidez volátil de los vinos, esta fluctuó entre $0,36$ a $0,56 \text{ g L}^{-1}$ de ácido acético (Tabla 3). De estos resultados, se observa que según lo señalado por Ureta (1984) la calidad de los vinos no se vería afectada, gracias a que estos no superan los $0,70 \text{ g L}^{-1}$ ácido acético.

Por otra parte, se detectaron diferencias significativas en cuanto a los niveles de azúcar residual entre los diversos tratamientos, siendo el testigo (sin aplicación de

polvo de vendimia) el que presentó la concentración más elevada.

A pesar de presentar esta diferencia significativa entre los tratamientos, desde una perspectiva sensorial, el contenido de azúcar residual carece de relevancia, dado que los vinos de los tres tratamientos y el testigo son considerados como vinos secos, al no exceder los 4 g L⁻¹ de azúcar residual establecidos por la ley 18.455.

Por último, no se detectaron diferencias significativas en los niveles de SO₂ libre y total entre los diferentes tratamientos y el testigo (Tabla 3), manteniéndose dentro de los límites legales establecidos por la legislación vigente (ley 18.455).

Tabla 3. Parámetros químicos de los vinos resultantes de cada tratamiento.

Tratamientos	Alcohol (% vol.)	pH	Acidez Total (g L ⁻¹ ácido tartárico)	Acidez Volátil (g L ⁻¹ ácido acético)	Azúcar Residual (g L ⁻¹)	SO ₂ Libre (mg L ⁻¹)	SO ₂ Total (mg L ⁻¹)
Tratamiento 1	12,13 a*	3,67 a	4,33 b	0,39 a	1,11 a	9,60 a	13,87 a
Tratamiento 2	12,63 a	3,61 a	4,63 b	0,36 a	1,13 a	8,53 a	12,80 a
Tratamiento 3	12,23 a	3,74 a	3,97 ab	0,39 a	1,09 a	7,47 a	12,80 a
Testigo	12,70 a	3,77 a	2,70 a	0,56 a	1,55 b	9,60 a	17,07 a

(*) Medias con una letra común no son significativamente diferentes (P > 0,05)

Presencia de vinil fenoles y cuantificación de guaiacol en el vino

En el análisis realizado para este estudio, se detectó una concentración de 59,40 µg L⁻¹ de guaiacol (Tabla 4), lo cual constituye un indicador inequívoco de la presencia de humo en el vino, tal como se había mencionado previamente. Este valor supera el umbral de percepción sensorial que ha señalado Peña (2017) de 23 µg L⁻¹ de guaiacol, para los casos de vinos tintos, lo que le entrega un intenso carácter ahumado.

Tabla 4. Concentración de guaiacol en botella.

Tratamientos	Concentración Guaiacol ($\mu\text{g L}$)
Testigo	59,40

Análisis sensorial

Prueba hedónica. Con respecto a la evaluación hedónica, luego de realizar el análisis sensorial por el jurado, los resultados indicaron diferencias significativas (Tabla 5). Se evidenció que el tratamiento 1 alcanzó la calificación más alta, obteniendo una puntuación de 9 y clasificándose en un nivel de aceptación de "me gusta muchísimo" (Tabla 1) siendo significativamente superior al testigo y a los tratamientos 2 y 3, los cuales fueron evaluados en el rango de aceptación de "me gusta moderadamente" (Tabla 1). Se puede inferir que la preferencia por los vinos del tratamiento 1 se debió a la baja concentración de polvo vendimia, ya que, con una menor cantidad de polvo de vendimia, es posible que se liberen menos compuestos de la madera durante la fermentación del vino. Esto podría resultar en una menor presencia de sabores y aromas no deseados asociados con el humo, como el guaiacol y el metilguaiacol, que podrían afectar negativamente el perfil sensorial del vino (Peña, 2017; Culbert *et al.*, 2021) y a la vez sin entregar tantos aromas a madera que tapen los aromas frutales del vino. Pineda (2020) encontró que viñas con exposición cercana al foco de incendio presentaron vinos con una menor aceptación por parte del panel de catadores. Además, al comparar estos resultados con los obtenidos por Sabugo (2019) se observó que en ambos estudios existe una tendencia similar en la preferencia por el tratamiento con menor o nula exposición al humo (testigo) y en este caso menor dosis de polvo vendimia (tratamiento 1), esto sugiere que ciertos aditivos y/o procesos de vinificación tienen un impacto consistente en la percepción sensorial de los vinos. Sabugo (2019) indica que la adición de compuestos fenólicos mejoraba la aceptabilidad de los vinos, mientras que en el estudio actual la aplicación de polvo de vendimia fue la más preferida.

Tabla 5. Puntuación asignada por los jueces a los vinos de cada tratamiento durante la evaluación hedónica.

Tratamiento	Calificación
Tratamiento 1 (2g polvo)	9 a*
Tratamiento Testigo (0g polvo)	8 b
Tratamiento 2 (4g polvo)	8 b
Tratamiento 3 (8g polvo)	7 b

(*) Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$).

Es importante destacar que esta investigación fue llevada a cabo en condiciones de laboratorio y podría diferir de los resultados obtenidos en condiciones normales de bodega ya que, tanto la escala de producción como las condiciones sanitarias, pueden influir en la composición de la microbiota durante la etapa de fermentación, lo que puede afectar la calidad sensorial del vino al final del proceso (Bartowsky y Borneman, 2011).

Prueba del triángulo. Para esta prueba, el panel de expertos fue capaz de discriminar entre el vino testigo y los vinos con aplicación de polvo de vendimia a unas dosis de 2, 4 y 8 g de polvo de vendimia (tabla 6), obteniendo un nivel de aciertos del 61,90 %, 55,50 % y 90,90 %, respectivamente. Se puede destacar que el tratamiento con mayor significancia fue también el de peor aceptación en la prueba anterior, debido probablemente a una entrega excesiva de aromas de madera.

En relación con las combinaciones entre vinos con diferentes aplicaciones de polvo de vendimia, el panel de experto tuvo un 75,00 % de acierto al comparar el tratamiento de 2 y 4 gramos de producto, al diferenciar el tratamiento con 2 gramos y 8 gramos de polvo de vendimia, los catadores tuvieron un total de 57,10 % de acierto. Finalmente, en la comparación entre el tratamiento de 4 y 8 gramos, los catadores obtuvieron un 83,30 % de acierto.

En el estudio de Kyraleou *et al.* (2015) se observó una influencia positiva en la

aceptabilidad sensorial del tratamiento con menor dosis de virutas de madera y polvo de vendimia, lo que sugiere que la aplicación de estos productos fue efectiva en la reducción de compuestos no deseados organolépticamente sin afectar negativamente la calidad sensorial de los vinos. A pesar de las diferencias en los tratamientos, en ambos casos se observa una influencia significativa en la aceptabilidad sensorial de los vinos, de lo cual se infiere que la composición química y sensorial de estos, puede ser modificada gracias a cantidades en menor dosis del producto en sus aplicaciones, lo que destaca la importancia de futuras investigaciones para identificar las dosis óptimas de producto que afectan la aceptabilidad del vino. González-Centeno *et al.* (2019), confirman lo dicho anteriormente en su estudio de Chardonnay, donde la madera de roble se asoció con cambios en el carácter del vino, lo que sugiere que la interacción entre la madera y el vino durante la fermentación y el envejecimiento puede modificar sus propiedades sensoriales. Esto resalta la importancia de considerar que diferentes aditivos o procesos enológicos pueden afectar la calidad y aceptación del vino.

Tabla 6. Resultados estadísticos en la diferenciación de los jueces entre los vinos de cada tratamiento para la prueba del triángulo.

Combinaciones	Diferencia estadística
Testigo/Tratamiento 1	Significativa
Testigo/Tratamiento 2	Significativa
Testigo/Tratamiento 3	Significativa
Tratamiento 1/Tratamiento 2	Significativa
Tratamiento 1/Tratamiento 3	Significativa
Tratamiento 2/Tratamiento 3	Significativa

CONCLUSIONES

1. La aplicación de polvo de vendimia durante la fermentación alcohólica no generó alteraciones significativas en el pH ni en el grado alcohólico de los vinos tratados. Sin embargo, se observó un aumento en la acidez total en los

tratamientos que incluyeron polvo de vendimia, atribuible a compuestos ácidos liberados desde la madera. Además, se constató una disminución en la percepción del guaiacol en todos los tratamientos, evidenciando la eficacia del polvo como agente adsorbente de compuestos derivados del humo.

2. Los análisis sensoriales demostraron que los vinos tratados con polvo de vendimia fueron percibidos de manera distinta en comparación con el vino testigo, especialmente en la prueba del triángulo. En la prueba hedónica, el tratamiento con 2 g L⁻¹ obtuvo la mayor aceptación por parte de los catadores expertos, lo que sugiere que el uso de polvo de vendimia en dosis moderadas puede mejorar el perfil aromático del vino afectado por humo.
3. La dosis de 2 g L⁻¹ de polvo de vendimia se identificó como la más adecuada para mitigar los efectos organolépticos negativos del humo sin alterar significativamente las propiedades químicas del vino. Dosis superiores no aportaron mejoras adicionales y, en algunos casos, podrían comprometer la armonía sensorial del producto final. Esto reafirma la importancia de una dosificación precisa y controlada en la aplicación de esta técnica enológica.

REFERENCIAS

1. Amerine, M.A. and E.B. Roessler. 1976. Wines: their sensory evaluation. W.H. Freeman. San Francisco, USA.
2. Aravena, R. 2015. Patrimonio vitivinícola: Aproximaciones a la cultura del vino en Chile. Ediciones Biblioteca Nacional. Santiago, Chile.
3. Balzarini, M., González, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., & Robledo, C. (2008). InfoStat, Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
4. Bartowsky, E.J. and A.R. Borneman. 2011. Genomic variations of *Oenococcus oeni* strains and the potential to impact on malolactic fermentation and aroma compounds in wine. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 92(3): 440–450.
5. Bordeu, E. y J.A. Scarpa. 2000. El análisis químico del vino. (2a. ed.). Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
6. CONAF (Chile). 2023. Número de incendios forestales y superficie afectada a la fecha [en línea]. Corporación Nacional Forestal, Chile. <<https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en->

chile/estadistica-de-ocurrencia-diaria>. [Consulta: 03 abril 2023].

7. Culbert, J.A., W. Jiang, E. Bilogrevic, D. Likos, L., Francis, M. Krstic y M. Herderich. 2021. Compositional Changes in Smoke-Affected Grape Juice as a Consequence of Activated Carbon Treatment and the Impact on Phenolic Compounds and Smoke Flavor in Wine. *Journal food Chem.* 69(35):10246-10259 [en línea].
8. Díaz-Hormazábal, I. y M.E. Gonzales. 2016. Análisis espacio temporal de incendios forestales en la región del Maule. *Lab. El Bosque* 37(1):147-158.
9. González, M.E., Sapiains, R., Gómez-González, S., Garreaud, R., Miranda, A., et al. 2020. Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia. [en línea]. Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral, Chile. https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2021/03/Informe_Incendios_CR2_2020.pdf. [Consulta: 17-05-2023].
10. González-Centeno, M.R., K. Chira and P. Teissedre. 2019. Use of oak wood during malolactic fermentation and ageing: Impact on chardonnay wine character. *Food Chemistry.* 278(1):460-468.
11. Hayasaka, Y., G. Baldock, M. Parker, K.H. Pardon, C.A. Black, M.J. Herderich y D.W. Jeffery. 2010. Glycosylation of smoke derived volatile phenols in grapes as a consequence of grapevine exposure to bushfire smoke. *Jour. of Agric. and Food Chem.* 58 (1): 10989- 10998.
12. Henríquez, R. 2018. Limpiar y sanitizar: pasos clave al interior de la bodega. Los elementos que considera una correcta higiene y sanitización. pp: 3-4. Boletín Centro de Extensión Vitivinícola del Sur N°1. CEV del Sur. Chillán, Chile.
13. Herve, E., S. Price y G. Burns. 2011. Free Guaiacol and 4-Methylguaiacol as Markers of Smoke Taint in Grapes and Wines: Observations from the 2008 Vintage in California.", *Symposium Intern. d'Œnologie*, Francia. <https://ets-public-assets.s3-us-west-1.amazonaws.com/website-article-pdfs/Smoke+Taint+Markers+Herve+OENO+2011.pdf>. [Consulta: 13-07-2023].
14. Jackson, R.S. 2008. *Wine Science: Principles and applications* (3a. ed.). Academic Press. California, Estados Unidos.
15. Julien, B. 2018. Cinsault. *Plant Grape: Catalogue des vignes cultivées en France*. Institut. National de Recherche sur l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement de France. Montpellier, Francia.
16. Kelly, D., A. Zerihun, D.P. Singh, V.E. Vitzthum, M. Gibberd, K. Grice y M. Downey. 2012 Exposure of grapes to smoke of vegetation with varying lignin composition and accretion of lignin derived putative smoke taint

compounds in wine. *Food Chemistry* 135 (1):787-798 [en línea].

17. Kennison, K.R., K.L. Wilkinson, H.G. Williams, J.H. Smith y M.R. Gibberd. 2007. Smoke-derived taint in wine: effect of post-harvest smoke exposure of grapes on the chemical composition and sensory characteristics of wine. *Jour. of Agric. and Food Chem.* 55(1): 10897- 10901 [en línea].
18. Krstic, M.P., D.L. Johnson and M.J. Herderich. 2015. Review of smoke taint in wine: smoke-derived volatile phenols and their glycosidic metabolites in grapes and vines as biomarkers for smoke exposure and their role in the sensory perception of smoke taint. *Aust. J. Grape Wine Res.* 21(S1): 537-553.
19. Kyraleou, M., S. Kallithraka, K. Chira, E. Tzanakouli, I. Ligas y Y. Kotseridis. 2019. Differentiation of Wines Treated with Wood Chips Based on Their Phenolic Content, Volatile Composition, and Sensory Parameters. *Food Chemistry.* 80(12):2701-2710 [en línea].
20. Leborgne, C., M.A. Ducasse, E. Meudec, S. Carrillo, A. Verbaere, N. Sommerer, M. Bougreau, G. Masson, A. Vernhet, J.R Mouret y V. Cheynier. 2023. Multi-method study of the impact of fermentation on the polyphenol composition and color of Grenache, Cinsault, and Syrah rosé wines. *Journal food Chem.* 403(1):134396-134396.
21. Merino, S.G. 2015. Crianza en barricas y otras alternativas. Efectos de la adición de astillas de roble y oxígeno en las características fenólicas de los vinos tintos. Tesis, Doctorado en ciencias agrarias. Universidad del rioja, Facultad de ciencias, estudios agroalimentarios e informática. Logroño, España.
22. Mirabelli-Montan, Y. A., M. Marangon, A. Graça, C.M. Marangon y K.L. Wilkinson. 2021. Techniques for Mitigating the Effects of Smoke Taint While Maintaining Quality in Wine Production: A Review. *Molecules Annual.* 26(6):1672-1621 [en línea].
23. Müller,k. 2004. Chile vitivinícola en pocas palabras [en línea] Universidad de Chile,
Chile.<<http://www.gie.uchile.cl/pdf/Katrina%20Muller/Chile%20Vitivin%EDco la%20en%20pocas%20palabras.pdf>>. [consulta:14 junio 2023].
24. ODEPA (Chile). 2021. Catastro vitícola nacional 2021 [en línea]. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Chile. <<https://www.odepa.gob.cl/rubro/vinos/catastro-viticola-nacional> >. [Consulta: 15 Mayo 2023].
25. Peña, N. 2017. Efecto de la exposición al humo de vides para la producción de vinos. [en línea]. Facultad de Ciencias Agronómicas, Chile. <https://uchile.cl/dam/jcr:046b7e47-e35d-4876-8422-98befbe18dfd/boletin-2017-efecto-de-la-exposicin-al-humo-en-bayas-en-la-calidad-del-vino.->

universidad-de-chile.pdf. [Consulta: 13-07-2023].

26. Pineda, N.V. 2020. Efectos del megaincendio forestal del 2017 en la composición química y sensorial del vino Cinsault. Memoria de título, Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Chillán, Chile.
27. Rapanague, M.J. 2022. Proyecciones del riesgo de incendios forestales en Chile centro-sur bajo distintos escenarios de cambio climático. Tesis, Magíster en Meteorología y Climatología. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Santiago, Chile.
28. Rojas, G. 2015. Patrimonio e Identidad Vitivinícola: Reflexiones sobre la evolución de los significados culturales del vino en Chile. *Rivar*. 2 (4): 2-16.
29. Ruiz, V. 2011. Avances en viticultura en el mundo. *Revista Brasileira De Fruticultura*. 33(1):131-143 [en línea].
30. Sabugo, D.F. 2019. Efecto de la quema de distintas maderas (pino, eucalipto y hualle) en las características organolépticas y químicas del vino cv. cinsault. Memoria de título, Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Chillán, Chile.
31. SAG (Chile). 2023. SAG presenta catastro vitícola nacional 2022 [en línea]. Servicio Agrícola y Ganadero, Chile. <<https://www.odepa.gob.cl/rubro/vinos/catastro-viticola-nacional>>. [Consulta: 18 abril 2024].
32. Samarasekara, D., C. Hill and D. Mlsna. 2018. Analysis and identification of major organic acids in wine and fruit juices by paper chromatography. *J. Chem. Educ.* 95: 1621–1625.
33. SERNATUR (Chile). 2023. Ñuble: Viñateros del Valle del Itata han sido el sector turístico más afectado por los incendios forestales [en línea]. Servicio Nacional de Turismo, Chile. <<https://www.sernatur.cl/ñuble-vinateros-del-valle-del-itata-han-sido-el-sector-turistico-mas-afectado-por-los-incendios-forestales>>. [Consulta: 01 abril 2023].
34. Umer, M., J. Liu, H. You, C. Xu, K. Dong, N. Luo, L. Kong, X. Li, N. Hong, G. Wang, X. Fan, I. Kotta-Loizou y W. Xu. 2019. Genomic, Morphological and Biological Traits of the Viruses Infecting Major Fruit Trees. *Viruses*. 11(6): 515-527.
35. Ureta, F. 1984. Manual de análisis de vinos. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Departamento de Ciencias Vegetales. Santiago, Chile.
36. Whiting, J. y M. Krstic. 2007. Understanding the sensitivity to timing and management options to mitigate the negative impacts of bush fire smoke on

grape and wine quality [en línea]. Department of Primary Industries, Australia.https://www.wineaustralia.com/getmedia/528c4aa3-e868-4b32-b1cb-b2c5128dfd1f/Smoke_Taint_Final_Report_2007. [Consulta: 12-07-2023].