

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE LA SEVERIDAD DE INCENDIOS FORESTALES Y COBERTURA
VEGETAL QUEMADA EN LA CALIDAD SENSORIAL Y QUÍMICA DE VINOS
PAÍS Y CINSULT**

POR

CLAUDIA ANTONIA LASTRA AVENDAÑO

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

**CONCEPCIÓN, CHILE
2024**

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA SEVERIDAD DE INCENDIOS FORESTALES Y COBERTURA
VEGETAL QUEMADA EN LA CALIDAD SENSORIAL Y QUÍMICA DE VINOS
PAÍS Y CINSULT**

POR

CLAUDIA ANTONIA LASTRA AVENDAÑO

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

CONCEPCIÓN, CHILE

2024

Aprobada por:

Profesor Asociado, Ignacio Serra Stepke
Ing. Agrónomo, MSc, PhD.

Guía

Profesor Asistente, Walter Valdivia Cea
Ing. Agrónomo, Dr.

Asesor

Profesor Asistente, Guillermo Pascual Aburto
Ing. Agrónomo, Mg., Dr.

Asesor

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

Decano

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Resumen	1
Summary	1
Introducción	2
Objetivos	5
Materiales y métodos	6
Resultados y discusión	14
Conclusiones	26
Referencias	26

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Página
Figura 1.	Vista satelital de la NASA correspondiente a la pluma de humo que dejaron los incendios forestales durante la temporada 2023 en la región del Biobío y Ñuble. ...	2
Figura 2.	Imagen satelital de la NASA. La imagen muestra los incendios acumulados entre el 29 de enero y el 11 de febrero del año 2023 en la región del Biobío.	3
Figura 3.	Ilustración de la intensidad del fuego versus la severidad del incendio.	9
Figura 4.	Comparación de la respuesta espectral de la vegetación saludable y áreas quemadas.	9
Figura 5.	Prueba triangular para análisis sensorial.	13
Figura 6.	Distribución geográfica de los viñedos estudiados.	15
Figura 7.	Clasificación de la severidad de los incendios circundantes a los viñedos afectados.	16
Figura 8.	Cobertura vegetal previa a los incendios de la temporada 2022/2023 en las zonas de estudio.	18
Figura 9.	TLC con sus respectivos valores de Rf.	20
Tabla 1.	Niveles de severidad de incendios obtenidos a partir del dNBR propuesto por el USGS.	11
Tabla 2.	Escala de nueve puntos usada para la prueba hedónica en vinos.	13
Tabla 3.	Muestras de vino con su correspondiente abreviación.	14
Tabla 4.	Especies arbóreas y su porcentaje de lignina.	17
Tabla 5.	Hectáreas quemadas por especie en las zonas de estudio. (Copernicus, 2024).	18

Tabla 6.	Análisis químicos de grado alcohólico, pH, acidez total, acidez volátil, sulfuroso libre, sulfuroso total y azúcar residual de las muestras de vino.	19
Tabla 7.	Combinatoria y resultados para la prueba triangular en los vinos del cv. País.	22
Tabla 8.	Combinatoria y resultados para la prueba triangular en los vinos del cv. Cinsault.	22
Tabla 9.	Calificación en prueba hedónica de los vinos cv. País y cv. Cinsault expuestos al humo de los incendios y de los vinos control.	24

EFFECTO DE LA SEVERIDAD DE INCENDIOS FORESTALES Y COBERTURA VEGETAL QUEMADA EN LA CALIDAD SENSORIAL Y QUÍMICA DE VINOS PAÍS Y CINSAULT

EFFECT OF FOREST FIRES SEVERITY AND BURNT VEGETAL COVER ON THE SENSORY AND CHEMICAL QUALITY OF PAÍS AND CINSAULT WINES

Palabras índices adicionales: humo, guayacol, fenoles volátiles, glucósidos.

RESUMEN

El humo que ha dejado el aumento de incendios forestales en la Zona Centro – Sur de Chile ha afectado a una gran cantidad de viñedos, dejando como resultado vinos con sabores y aromas a diversos descriptores del humo. El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto de la exposición al humo de los incendios forestales de la temporada 2022/2023 en la composición química y calidad sensorial de vinos cv. País y cv. Cinsault del Valle del Itata y Biobío. En este estudio se analizaron seis muestras: dos vinos cv. País y dos cv. Cinsault, así como un control para cada cultivar. Los análisis químicos describen la analítica básica (pH, grado alcohólico, acidez total, acidez volátil, azúcar residual y sulfuroso libre y total). La presencia de fenoles volátiles como guayacol, o-cresol y m-cresol fue determinada cualitativamente mediante cromatografía en capa fina (TLC). Un panel de expertos realizó pruebas sensoriales triangulares y hedónicas. Los resultados indicaron diferencias significativas en la percepción sensorial y en los marcadores químicos entre vinos expuesto al humo y los controles. Se concluye que el impacto del humo depende de la composición química del vino, las prácticas de vinificación y las condiciones ambientales.

SUMMARY

Smoke from increased forest fires in the Central-Southern Zone of Chile has affected many vineyards, resulting in wines with flavors of different smoke descriptors. The objective of this research was to evaluate the impact of exposure to forest fire smoke of season 2022/2023 on the chemical composition and sensory quality of País and

Cinsault wines from the Itata and Biobío Valley. In this study, six samples were analyzed: two País and two Cinsault wines, as well as a control for each cultivar. The chemical analyses describe the basic analysis (pH, alcohol content, total acidity, volatile acidity, residual sugar, and free and total sulfur). The presence of volatile phenols such as guaiacol, o-cresol, and m-cresol was qualitatively determined by thin layer chromatography (TLC). A panel of experts performed triangular hedonic sensory tests. The results indicated significant differences in sensory perception and chemical markers between wines exposed to smoke and controls. It is concluded that the impact of smoke depends on the chemical composition of wine, winemaking practices and environmental conditions.

INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, el índice de peligro de incendios forestales en Australia ha ido en aumento desde el año 2003 y los principales siniestros han dejado como

Figura 1. Pluma de humo que dejaron los incendios forestales durante la temporada 2023 en la región del Biobío y Ñuble.



Fuente: Nasa 2024.

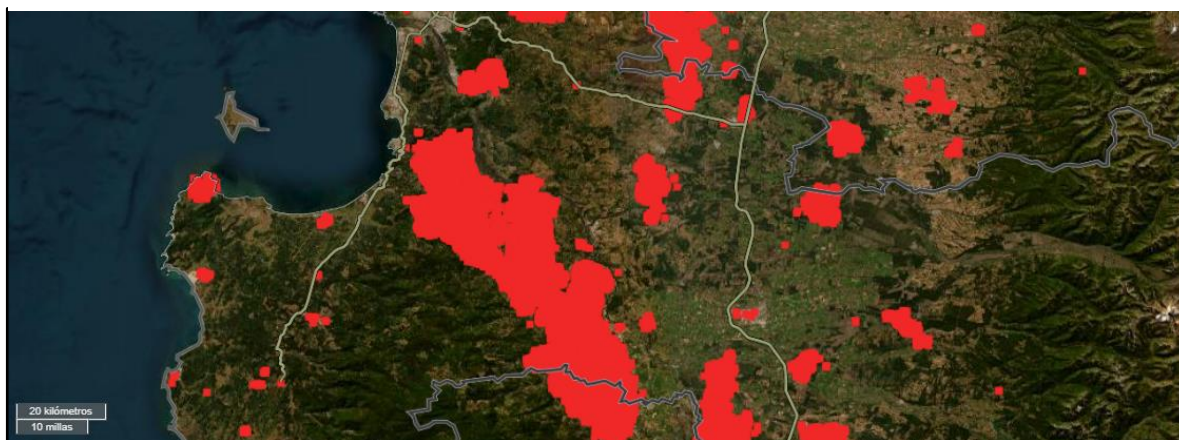
resultado pérdidas de más de US\$ 400 millones en uvas y vinos producto de la contaminación por humo (Ortiz et al., 2022). Esta situación podría evidenciarse en

países que cuentan con características climáticas y de vegetación similares a Australia, como es el caso de Chile que tiene un registro de daños por incendios forestales de 76.573 hectáreas en el último quinquenio (CONAF, 2020).

Durante los últimos años, Chile se ha visto afectado por los mega incendios que han azotado, en su gran mayoría, a la zona centro sur del país. Tan solo en la región del Biobío y durante el quinquenio 2017-2021, han sido quemadas un promedio de 31.833 hectáreas (Figuras 1 y 2), un 1.372% más que en el quinquenio anterior (CONAF, 2023). El mayor efecto del cambio climático en esta zona está asociado a la disminución de las precipitaciones lo cual incidiría en un incremento de la ocurrencia y área afectada por incendios forestales (González, 2011).

Estudios preliminares realizados por el Instituto Australiano de Investigación del Vino (AWRI) demostraron la presencia de guayacol (Gu) y 4-metilguayacol (4MGu) acumulados en pieles de uvas afectadas por el humo (AWRI, 2003) y que los niveles de estos compuestos marcadores (fenoles volátiles y glucósidos) en las uvas expuestas al humo estaban correlacionados con la percepción sensorial del "carácter ahumado" en los vinos elaborados con esas uvas. El descriptor sensorial de guayacol y 4-metilguayacol se asocia a tostado y madera quemada, respectivamente (Moreno, 2012).

Figura 2. La imagen muestra los incendios acumulados entre el 29 de enero y el 11 de febrero del año 2023 en la región del Biobío.



Fuente: NASA 2024.

Aunque se ha estudiado que los vinos envejecidos en barricas de roble pueden presentar bajas concentraciones de Gu y 4MGu y que de las distintas maderas de roble, el vino madurado en roble francés Allier ha presentado mayor concentración de estos compuestos en comparación con la madera de roble americano y roble francés Nevers (Martínez et al., 2004); estas bajas concentraciones no afectan las características organolépticas del vino, ya que en vinos sin exposición al humo y madurados en barricas de roble la concentración de Gu y 4MGu llegó a $12,86 \mu\text{g L}^{-1}$ y $9,68 \mu\text{g L}^{-1}$ respectivamente (Martínez et al., 2004), mientras que en vino elaborado con uvas expuestas al humo se encontraron valores de Gu de $169,1 \mu\text{g L}^{-1}$ (Pineda, 2020).

Se ha observado que estos fenoles volátiles asociados al humo aumentan durante la fermentación alcohólica y después de la fermentación malo-láctica, siendo más rápida la fermentación de mostos de uvas expuestas al humo. Del mismo modo, los aromas asociados a fenoles volátiles suelen aumentar en el embotellado y durante el almacenaje de los vinos (Kennison et al., 2008). Esto ocurre porque los precursores aromáticos glucosídicos del vino se hidrolizan durante la vinificación o crianza del vino (Cacho, 2012). Es importante considerar que la evolución de guayacol y 4-metilguaiacol en el vino con el tiempo se atribuye a la hidrólisis de las formas precursoras de glicoconjugados de estos compuestos (Fudge et al., 2011).

En California, luego de los incendios forestales del 2008 se desarrollaron métodos para medir el Gu y el 4MGu a partir de bayas, jugo y vino. Por un lado, en uvas no expuestas al humo se observaron sistemáticamente niveles de 0,1 a 0,3 ppb para ambos compuestos. Mientras que los niveles de guayacol superiores a 0,5 ppb sugirieron exposición al humo (Herve et al., 2011). Por otro lado, la concentración de guayacol y 4-metilguayacol aumentó dramática y progresivamente a lo largo de la fermentación del vino con uvas expuestas al humo de incendios en Australia Occidental, observándose los niveles más altos en vinos terminados (Kennison et al., 2008).

Otros estudios han demostrado que la distancia que existe entre los focos de los incendios y los viñedos determinará en gran medida la incidencia que éste tenga en el resultado final del vino (Pineda, 2020) y que el humo de distintos tipos de madera influye sobre la concentración de guayacol en el vino (Sabugo, 2019). Debido a lo expuesto anteriormente, el objetivo de este estudio es caracterizar química y sensorialmente vinos que hayan sido elaborados con uva expuesta al humo de los incendios forestales de la temporada 2022/2023 en el valle del Biobío y Valle del Itata, considerando factores como: distancia de los viñedos respecto de los incendios y severidad de los incendios.

Hipótesis

El humo de diferentes maderas quemadas en los incendios forestales afecta en diferentes grados en las características sensoriales de los vinos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el impacto de la severidad de los incendios y la cobertura vegetal quemada en la composición química y calidad sensorial de vinos de cv. País y Cinsault del Valle del Itata y del Biobío.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar la severidad de incendios y la cobertura vegetal pre-incendio de las zonas de las parcelas en estudio.
2. Determinar la presencia de fenoles volátiles en el vino y caracterizar su química básica.
3. Evaluar si existen diferencias sensoriales entre los vinos con y sin exposición a las diferentes coberturas vegetales.
4. Evaluar las preferencias hedónicas de los catadores en relación con los vinos de cv. País y Cinsault, con y sin exposición a las diferentes coberturas vegetales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y condición de las parcelas

Para esta investigación se utilizaron vinos que fueron obtenidos ya elaborados a partir de diferentes viñedos de sectores que serán especificados en el siguiente párrafo. Es importante señalar que no se hicieron micro vinificaciones como parte de este estudio, por lo que cada vino fue elaborado siguiendo los procesos propios de sus respectivas bodegas. Debido a esto, cada muestra presentó diferentes maneras de vinificación.

Se trabajó con un total de seis muestras de vino seleccionadas de dos valles vitivinícolas y expuestas a distintas condiciones ambientales:

Vinos País (*Vitis vinífera L.*): se seleccionaron tres vinos del cv. País. Dos de ellos provienen de diferentes sectores de Santa Juana y fueron elaborados con uva expuesta al humo de los incendios, lo que permite comparar las condiciones de exposición al humo en diferentes áreas. El tercer vino del cv. País corresponde a un control obtenido de un viñedo de Yumbel, donde las uvas no estuvieron expuestas al humo. Todos los vinos pertenecen al Valle del Biobío y corresponden a la temporada 2022/2023.

Vinos Cinsault (*Vitis vinífera L.*): se seleccionaron tres vinos del cv. Cinsault provenientes del Valle del Itata. De estos vinos, uno corresponde a la localidad de Portezuelo y otro a la localidad de Ránquil, ambos elaborados con uva expuesta al humo de los incendios. El tercer vino proviene de un viñedo de Ránquil cuyas uvas no estuvieron expuestas al humo de los incendios, ya que, a diferencia de los demás vinos, este fue elaborado el 2020/2021 y es de carácter comercial.

Todos los viñedos corresponden a parras centenarias, por lo que su sistema de conducción es en vaso, el cual corresponde a un sistema de conducción libre y en condiciones de secano.

El ensayo consistió en evaluar la presencia de guayacol, orto y m-cresol en vino elaborado con uva expuesta al humo de los incendios, además de realizar pruebas sensoriales con un panel de cinco expertos.

Confección del sistema de Información Geográfica para el análisis de área quemada

El Sistema de Información Geográfica fue desarrollado en el programa de código libre "QGIS".

Las coberturas se generaron en formato Shape (.shp) independientes compuestos de los elementos gráficos y su espacialización, además de una completa base de datos con la información correspondiente al levantamiento de información y análisis realizados.

El SIG es desarrollado a nivel regional y la información básica que se presenta considera datos de: ubicación de las viñas, área quemada por incendios años 2023, cobertura vegetal, límites comunales y regionales.

Toda georreferenciación se realizó en coordenadas UTM (Datum SIRGAS), sobre una base de imágenes satelitales.

Terminadas las actividades de ingreso de información a la base de datos del SIG se procedió a verificar la consistencia de la información de asociaciones de elementos gráficos y alfanuméricos, de contenido de texto asociado a elementos gráficos, de concordancia entre coberturas gráficas, etc.

El proceso de ingresar información al SIG consideró las siguientes actividades:

- Recopilación de información: recopilación de la información tanto gráfica como alfanumérica a ser ingresada al SIG.
- Georeferenciación: relación del material gráfico con un sistema coordinado conocido; en este caso, Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM).
- Vectorización: dibujo de los vectores que representan la realidad terrestre.

- Depuración: limpieza y depuración de los archivos.
- Diseño de bases de datos: determina las características de los atributos que se alojarán en las tablas, relacionados con la información gráfica.
- Poblamiento de bases de datos: digitación de la información alfanumérica que contendrá cada tabla de atributo.
- Estandarización de la información: una vez definidos los parámetros cartográficos a utilizar, esto es, Proyección UTM, Datum y Elipsoide se transformaron las capas que así lo requieran para trabajar en las mismas proyecciones.
- Exportación de archivos: con el fin que la información pueda ser recuperada y visualizada a través de los distintos softwares, Excel para el procesamiento de datos, como así también, por otros Sistemas de Información Geográficos, se establece el formato de salida como shape *.shp.
- Elección de variables a representar: selección de variables y atributos para la generación de un set de mapas que representen lo más característico del estudio, generando así la cartografía.

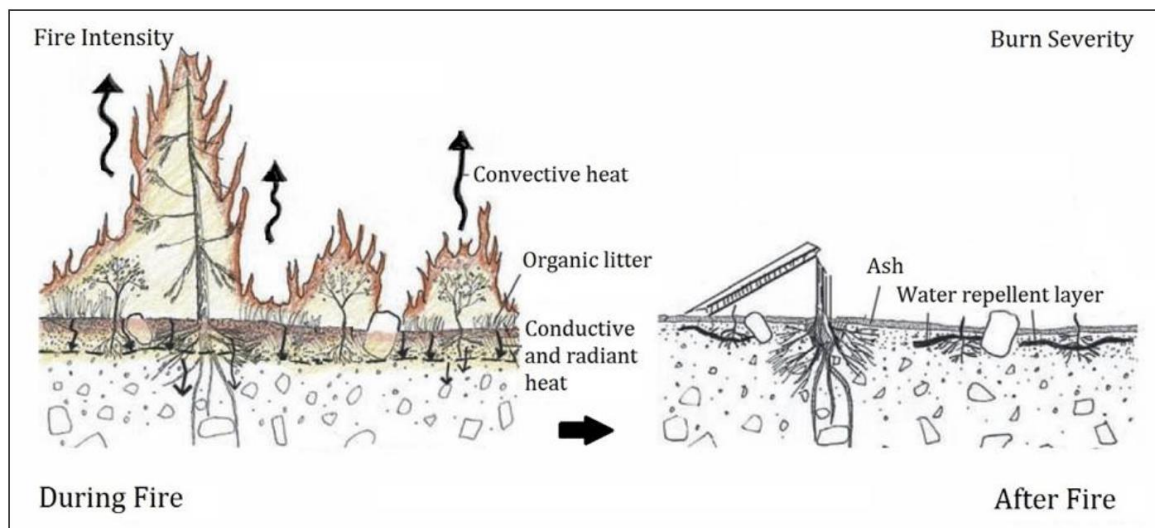
Índice Normalizado de Área Quemada (dNBR)

1. Intensidad de fuego versus Severidad del incendio

La intensidad del fuego representa la energía que se libera de la materia orgánica durante el proceso de combustión (Kelley, 2009). También se refiere a la intensidad del fuego mientras está activo. La severidad del incendio, por otro lado, describe cómo la intensidad del fuego afecta el funcionamiento del ecosistema en el área que se ha quemado. Los efectos observados a menudo varían dentro del área y entre diferentes ecosistemas (Kelley, 2009). La severidad del incendio también se puede

describir como el grado en que un área ha sido alterada o interrumpida por el fuego. En la Figura 3 se muestra una ilustración de la diferencia entre la intensidad del fuego y la severidad del incendio.

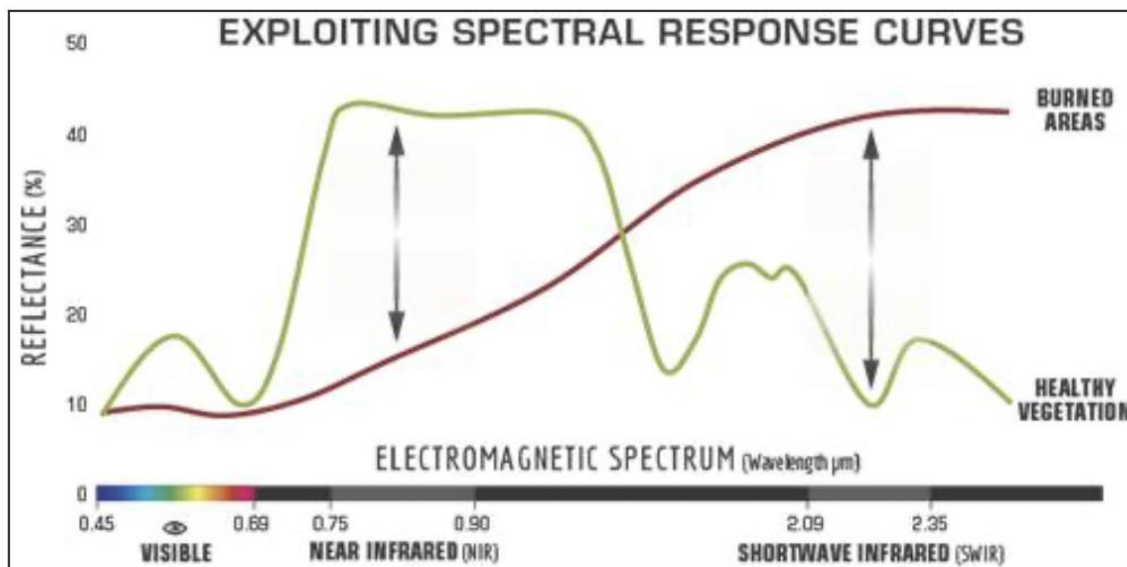
Figura 3. Ilustración de la intensidad del fuego versus la severidad del incendio.



(Fuente: United Nations Office for Outer Space Affairs).

2. Índice Normalizado de Área Quemada

Figura 4. Comparación de la respuesta espectral de la vegetación saludable y áreas quemadas.



3. (Fuente U.S. Forest Service).

El índice Normalizado de Área Quemada (NBR) es un índice diseñado para resaltar áreas quemadas en grandes zonas de incendio. La fórmula es similar a NDVI, excepto que combina el uso de longitudes de onda de infrarrojo cercano (NIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR). La vegetación saludable muestra una reflectancia muy alta en el NIR y una baja reflectancia en la porción del espectro SWIR (Figura 4), lo contrario de lo que se ve en áreas devastadas por el fuego. Recientemente, las áreas quemadas demuestran baja reflectancia en el NIR y alta reflectancia en el SWIR, es decir, la diferencia entre las respuestas espectrales de la vegetación saludable y las áreas quemadas alcanzan su pico en las regiones NIR y SWIR del espectro.

Para beneficiarse de la magnitud de la diferencia espectral, el NBR utiliza la relación entre las bandas NIR y SWIR, de acuerdo con la fórmula que se muestra a continuación.

Un valor alto de NBR indica vegetación saludable, mientras que un valor bajo indica suelo desnudo y áreas recientemente quemadas. Las áreas no quemadas normalmente se atribuyen a valores cercanos a cero.

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

3. Severidad del fuego

La diferencia entre el NBR previo (Prefire) y posterior al incendio (Postfire) obtenido de las imágenes se usa para calcular el diferencial NBR (dNBR o ΔNBR), que luego se puede usar para estimar la severidad del incendio. Un valor más alto de dNBR indica un daño más severo, mientras que las áreas con valores negativos de dNBR pueden indicar un nuevo crecimiento después de un incendio. La fórmula utilizada para calcular dNBR se ilustra a continuación:

$$dNBR = \text{pre fire NBR} - \text{post fire NBR}$$

Los valores de dNBR pueden variar de un caso a otro, por lo que, si es posible, la interpretación en casos específicos también debe llevarse a cabo mediante una

evaluación de campo; para obtener los mejores resultados. Sin embargo, el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) propuso una tabla de clasificación para interpretar la gravedad de la quemadura, que se puede ver a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Niveles de severidad de incendios obtenidos a partir del dNBR propuesto por el USGS.

Nivel de severidad	Rango de dNBR (escala por 10³)	Rango dNBR (sin escala)
Rebote alto (post incendio)	-500 a -251	-0,500 a -0,251
Rebote bajo (post incendio)	-250 a -101	-0,250 a -0,101
Sin quemar	-100 a +99	-0,100 a +0,99
Baja severidad	+100 a +269	+0,100 a +0,269
Severidad moderada-baja	+270 a +439	+0,270 a +0,439
Severidad moderada-alta	+440 a +659	+0,440 a +0,659
Alta severidad	+660 a +1300	+0,660 a +1,300

Los datos y mapas de severidad del fuego pueden ayudar en el desarrollo de planes de rehabilitación y restauración de emergencia después del incendio. Se pueden usar para estimar no solo la severidad del fuego en el suelo, así como también la probabilidad de futuros impactos aguas abajo debido a inundaciones, deslizamientos de tierra y erosión del suelo.

Parámetros químicos del vino

Se realizaron los siguientes análisis en el vino de acuerdo con la metodología descrita por Bordeu y Scarpa (2000).

Grado alcohólico: Se tomó una muestra de 200 mL de cada vino y se obtuvo por destilación y posterior aerometría. El resultado se expresó en % Volumen.

Acidez Volátil: A través del método de Blarez, se destiló por arrastre de vapor una muestra de 20 mL de cada vino para obtener los ácidos volátiles contenidos en ellos. Luego se realizó una titulación con NaOH 0,1 N para obtener la concentración total de ácidos volátiles en las muestras, y finalmente una titulación con yodo para

cuantificar la concentración de anhídrido sulfuroso libre y realizar el cálculo final. El parámetro se expresó en g L^{-1} de ácido acético.

Azúcar residual: Se tomó una muestra de 250 mL de cada vino y a través del método de Fehling, el resultado se expresó en g L^{-1} .

Anhídrido sulfuroso libre y total: Se tomó una submuestra de 20 mL de cada vino. A través del método de Ripper se obtuvo el resultado expresado en mg L^{-1} .

pH: Se tomó una muestra de 10 mL de cada vino y se midió el pH mediante potenciometría.

Identificación de fenoles volátiles

Cromatografía en capa fina (TLC) Para la extracción de fenoles volátiles se tomó una submuestra de 200 mL de cada vino. Luego se comenzó con el proceso de extracción por medio de la utilización de 10 mL de hexano en un embudo de decantación, se dejó reposar por 10 minutos y se separó la fase orgánica de la fase acuosa. Se extrajo sólo la fase de interés, que corresponde a la fase orgánica en la cual se encuentran los compuestos volátiles del vino.

Tras la extracción de las muestras, se realizó una cromatografía en capa fina añadiendo aproximadamente 1 mL de cada muestra y de los estándares guayacol, o y m-cresol, en las láminas 60 F254 Merck silica gel plates para identificar la presencia de los fenoles volátiles en las muestras. El solvente utilizado en la cámara de elusión fue de 80% de hexano y 20% de acetato de etilo.

Análisis sensorial de los vinos

Los vinos fueron analizados por un panel de expertos compuesto por cinco enólogos. La primera prueba que se realizó fue la prueba triangular. En esta prueba se presentaron tres muestras a los catadores, dos de las cuales eran idénticas. Se le pidió a cada catador que seleccione la muestra que percibió diferente como se

aprecia en la Figura 5.

Figura 5. Prueba triangular para análisis sensorial.



Para cada prueba se realizaron 6 combinaciones aplicadas a 5 catadores, por lo tanto, se generaron 30 evaluaciones. Al ser los catadores un panel de expertos, se usó una significancia del 1%, por lo que según la tabla de significancia para la prueba triangular (Roessler et al., 1948), el número mínimo de aciertos posibles es de $\alpha=17$ cuando el $n=30$ y $\alpha=8$ cuando es $n=10$.

Tabla 2. Escala de nueve puntos usada para la prueba hedónica en vinos.

Índice	Clasificación
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

La segunda prueba sensorial fue la prueba hedónica, la cual consiste en degustar muestras de vino cada sector, las que fueron analizadas por los catadores según la escala propuesta por Peryam y Pilgrim (1957) descrita en la Tabla 2, que considera nueve índices como escalas clasificatorias, donde el índice 9 es la mejor calificación, el 5 es el índice neutro y 1 la peor calificación.

Análisis de datos. A las características químicas del vino se les realizó un análisis descriptivo. Los resultados de la TLC se expresan en un valor R_f , el cuál describe la distancia recorrida por el compuesto en relación con el solvente. Por lo tanto, valores iguales o cercanos de R_f suponen que el compuesto corresponde a los estándares utilizados.

$$R_f = \left(\frac{\text{Distancia recorrida por el Compuesto}}{\text{Distancia recorrida por el Solvente}} \right)$$

Respecto de la prueba hedónica, los datos se evaluaron con un método de varianza no paramétrico a través de la prueba de Friedman, la que comprueba si existen diferencias significativas entre los grupos cuando la variable dependiente que se mide es ordinal. Los análisis se llevaron a cabo mediante el software Infostat 2017 (Balzarini et al., 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los viñedos y exposición a los incendios

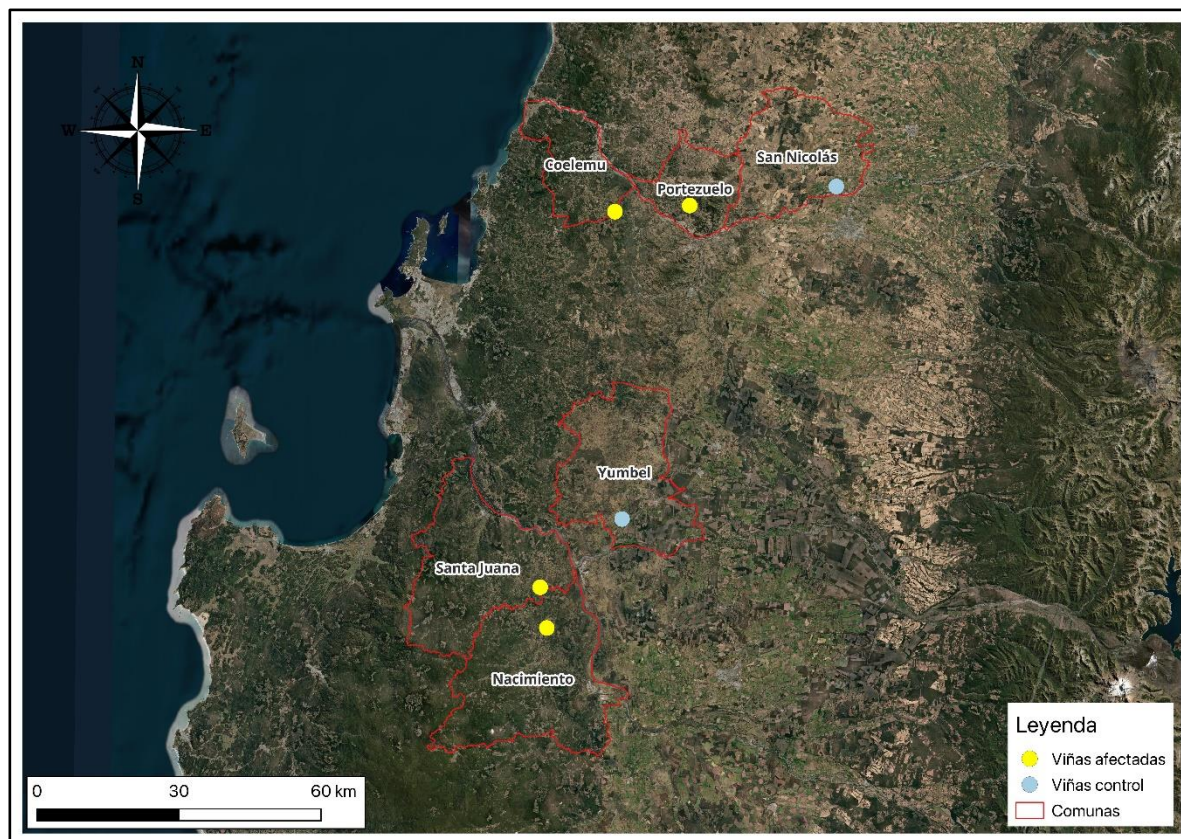
La Tabla 3 presenta las muestras de vino analizadas y la Figura 6 la distribución espacial de los viñedos de donde provenían las uvas utilizadas para la elaboración de estos vinos.

Tabla 3 Muestras de vino analizadas y sus respectivas abreviaciones.

Muestra	Abreviación
País Santa Juana 1	PA
País Santa Juana 2	PB
País Yumbel Control	PC
Cinsault Portezuelo	CA
Cinsault Ránquil	CB
Cinsault Ránquil Control	CC

Es importante señalar que todos los vinos analizados fueron elaborados utilizando las distintas técnicas de vinificación de cada bodega comercial lo que puede afectar la intensidad de la percepción del humo en los vinos (Ristic et al., 2011).

Figura 6. Distribución geográfica de los viñedos estudiados.

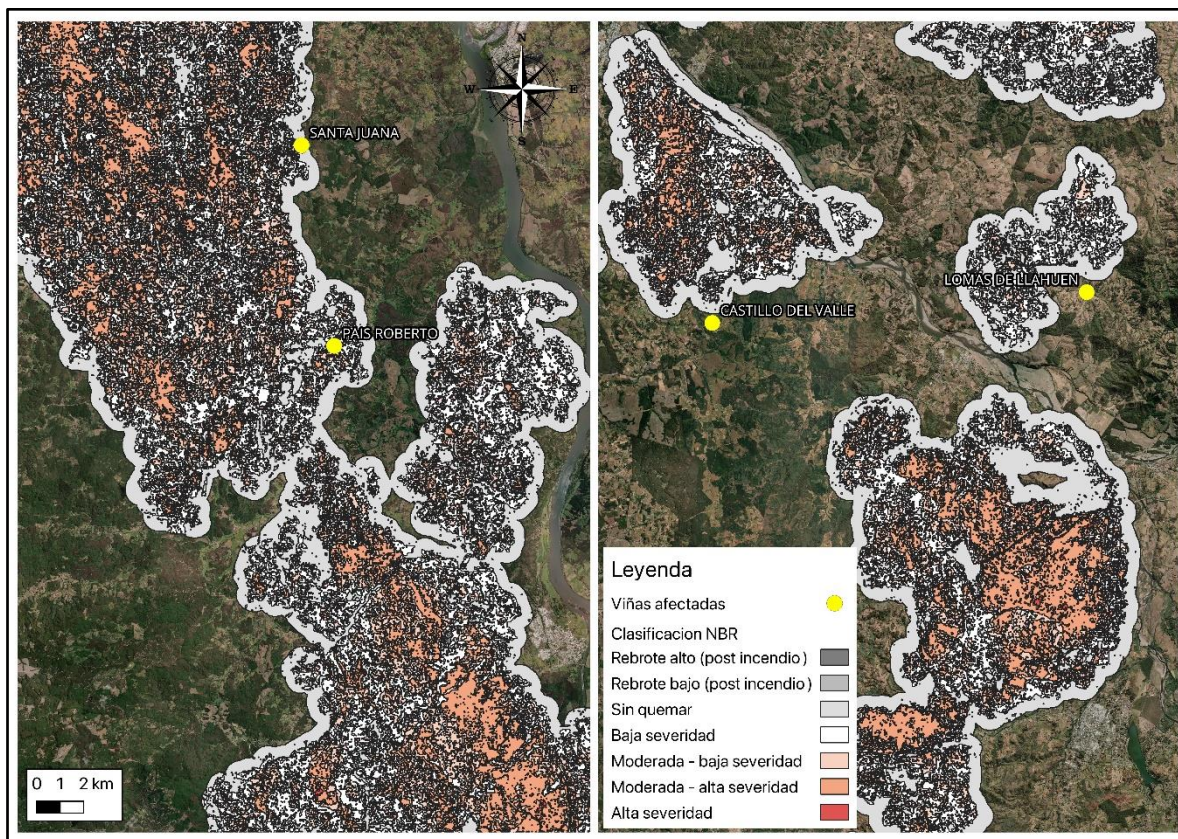


El análisis de la localización geográfica de los viñedos evidencia una exposición heterogénea de las parcelas al humo de los incendios forestales (Figura 7).

Los viñedos ubicados en Santa Juana y Portezuelo estuvieron en áreas clasificadas como de alta severidad, mientras que el viñedo de Yumbel confirma su condición como control al encontrarse al este y más lejano a los incendios. Sin embargo, como indican estudios previos, no es posible evaluar la contaminación por humo únicamente por la distribución geográfica o la cercanía a los incendios, ya que factores como la dirección del viento y la composición del humo también juegan un rol crucial (Krstic et al., 2015). El guayacol es producto de la degradación térmica de la lignina (Boidron et al., 1988). Considerando lo anterior, es importante

caracterizar las especies vegetales que fueron combustionados y que por tanto formaron el humo que estuvo en contacto con las vides, ya que como indica Sabugo

Figura 7. Clasificación de la severidad de los incendios circundantes a los viñedos afectados.



(2019), el humo de distintos tipos de madera influye sobre la concentración de guayacol en el vino. Otro estudio realizado por Kelly et al., (2012) en Australia midió valores de guayacol en uvas que estuvieron expuestas al humo proveniente de diferentes tipos de vegetaciones. En ellas, encontró valores de guayacol más altos para *Pinus radiata* que en *Eucalyptus marginata*. Por lo tanto, una mayor superficie de especies con mayor contenido de lignina supondrá una mayor concentración de estos compuestos relacionados al humo.

La composición del humo generado por los incendios forestales en las áreas estudiadas estuvo influenciada principalmente por las especies arbóreas predominantes en las zonas afectadas. Las especies más representativas en las áreas quemadas fueron Pino insigne (*Pinus radiata*), la cual se destaca por su alto

contenido en lignina (Tabla 4), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y Roble (*Nothofagus obliqua*).

Tabla 4. Especies arbóreas y su porcentaje de lignina.

Especie	% de Lignina
Boldo	11
Espino	18
Quillay	12
Pino insigne	25
Eucalipto	18-23
Nothofagus ¹	22-30
Aromo	19

Fuente: Benedetti Ruiz et al., (2009), Díaz-Robles et al.; y Paz y Pérez (1999).

En Santa Juana y Portezuelo, las áreas quemadas estaban dominadas por una mezcla de Pino insigne, Eucalipto y Roble (Tabla 5). Una investigación realizada por Serra, y otros (2019) determinó que el tipo de madera cambia la concentración de guayacol en los vinos, donde el Eucalipto fue la madera que exhibió la menor concentración de guayacol en los vinos en comparación con el Pino y el Roble. Por lo tanto, la composición arbórea que fue afectada por los incendios de esta temporada pudo contribuir en una alta concentración de compuestos fenólicos en el humo, afectando de manera significativa a los viñedos cercanos.

La cercanía de las parcelas a las áreas de alta severidad del incendio, particularmente en Santa Juana y Portezuelo, intensificó la exposición de las uvas a estos compuestos. Por otro lado, si bien la parcela ubicada en Coelemu estuvo relativamente cerca de un área con alta severidad de incendio, su ubicación al sur de este gran incendio fue un factor crucial, ya que el humo, debido a su dirección predominante del viento hacia el norte y noroeste, no impactó directamente el viñedo. Además, el incendio más cercano al sur del viñedo se encontraba a más de 7 km de distancia y gran parte de la superficie que fue dañada por los incendios estaba compuesta por praderas, plantaciones agrícolas y matorrales, por lo que las especies combustionadas en este caso presentaban lógicamente un porcentaje menor de lignina (Figura 8).

Figura 8. Cobertura vegetal previa a los incendios de la temporada 2022/2023 en las zonas de estudio.

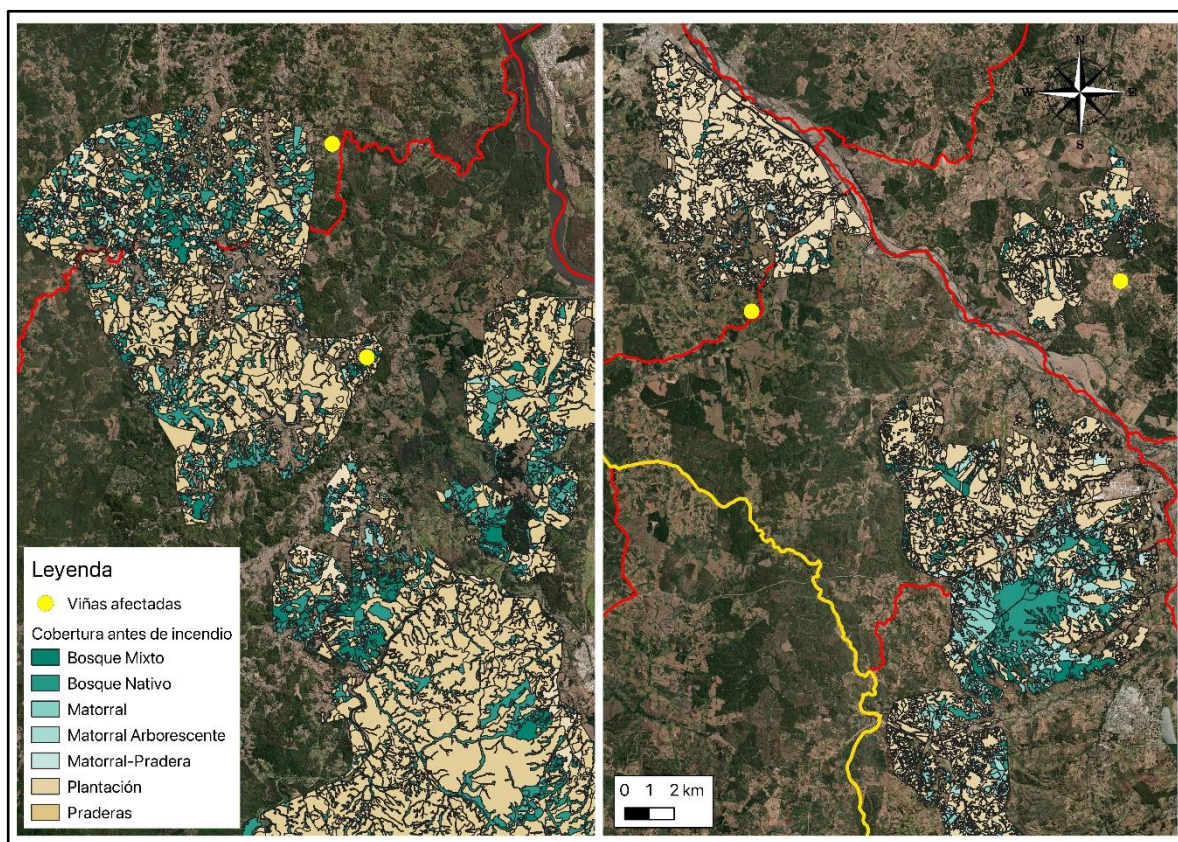


Tabla 5. Hectáreas quemadas por especie en las zonas de estudio.

Especie	Valle del Biobío	Valle del Itata
<i>Pinus radiata</i>	10.957,3	6.820,8
<i>Eucalyptu globulosa</i>	13.676,3	1.907,8
<i>Nothofagus obliqua</i>	8.034,6	494,0
<i>Acacia delbata</i>	731,2	773,0

Aun así, es importante tener presente que es poco probable que una evaluación de la posible contaminación y el riesgo de la calidad de la exposición al humo de los viñedos pueda basarse únicamente en la distribución de las fuentes (es decir, de la composición del combustible y el humo en los incendios) y la dirección del viento (Krstic et al., 2015).

Análisis químico del vino.

Tabla 6. Análisis químicos de grado alcohólico, pH, acidez total, acidez volátil, sulfuroso libre, sulfuroso total y azúcar residual de las muestras de vino.

Variables	Cv. País Sta. Juana Humo (PA)	Cv. País. Sta Juana Humo (PB)	Cv. País Yumbel sin Humo (PC)	Cv. Cinsault Ránquil sin Humo (CC)	Cv. Cinsault Portezuelo Humo (CA)	Cv. Cinsault Ránquil Humo (CB)
Grado alcohólico (gL⁻¹)	12,1	13,4	12,9	14,5	12,5	12,7
pH	3,91	3,82	3,73	3,92	3,35	3,77
Acidez total (gL⁻¹)	3,08	3,5	3,1	2,74	3,81	2,7
Acidez volátil (gL⁻¹)	0,78	0,96	0,79	0,48	0,75	0,57
Sulfuroso libre (mgL⁻¹)	16	19,2	12,8	22	12,8	9,6
Sulfuroso total (mgL⁻¹)	22,4	32	25,6	56	19,2	12,07
Azúcar residual (gL⁻¹)	1,4	3,28	1,62	2,54	2,2	1,55

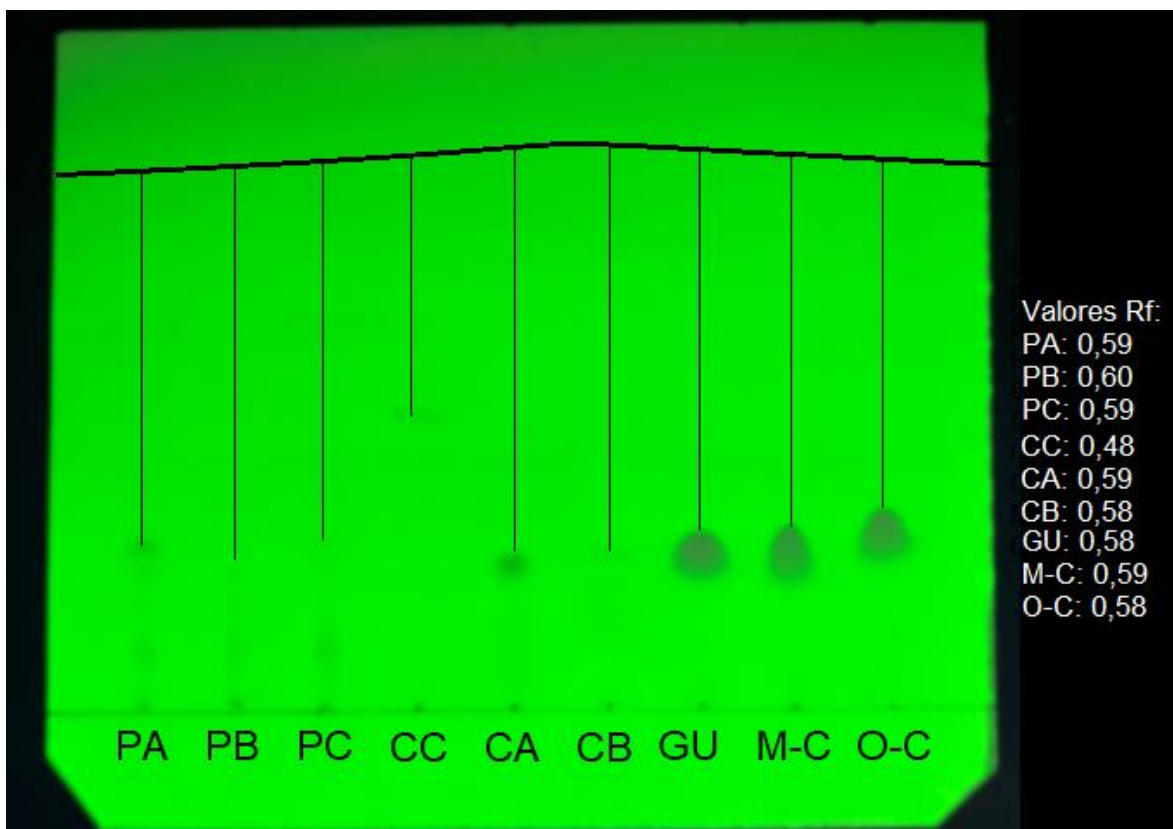
Los resultados de las muestras analizadas indican que todos los vinos cumplen con los estándares establecidos en el Decreto Supremo N°78 y la ley N°18.455 (Tabla 6).

A pesar de que el vino PB presentó un contenido de azúcar residual más elevado (3,28 g/L) en comparación con los demás vinos, esto no supuso una mayor preferencia en las pruebas hedónicas. De hecho, este vino (PB) obtuvo el puntaje más bajo en dicha evaluación, lo que indica que su contenido de azúcar, a pesar de que las diferencias en el contenido de alcohol y azúcar residual se consideran importantes para tener un impacto sensorial (King y Heymann, 2014), no fue suficiente para contrarrestar otros factores que pudieron influir negativamente en su aceptación.

Cromatografía en capa fina (TLC)

La Figura 9 muestra los resultados de la TLC, donde las letras PC, PA, PB, CC, CA y CB corresponden a las muestras de vino y las letras GU, O-C y M-C representan

Figura 9. TLC con sus respectivos valores de Rf.



los estándares utilizados: guayacol, o-cresol y m-cresol, respectivamente.

El vino CC no mostró ninguna mancha asociada a los estándares utilizados, lo que confirma su condición como control negativo, dado que este vino proviene de uvas no expuestas al humo. Por el contrario, las muestras PA, PB y CA presentaron manchas consistentes con los estándares, confirmando que estuvieron expuestas al humo, aunque en diferentes niveles. La muestra que presentó la mancha más contundente relacionada con los estándares fue la del vino CA, lo que indicaría posiblemente una mayor acumulación de compuestos fenólicos volátiles en esta muestra asociada a una mayor exposición al humo de los incendios.

Aunque los valores de R_f , que demuestran que la distancia recorrida por el compuesto es la misma recorrida por los estándares y que, por tanto, las marcas son consistentes con los estándares, es importante destacar que la TLC no permite cuantificar la concentración de los compuestos detectados. Esto limita la interpretación del impacto que estos compuestos podrían tener en el perfil sensorial del vino. Sin embargo, estudios previos han reportado que las concentraciones máximas de guayacol, o-cresol y m-cresol en vinos expuestos al humo pueden alcanzar hasta 7,7 $\mu\text{g/L}$, 3,8 $\mu\text{g/L}$ y 5,5 $\mu\text{g/L}$, respectivamente (Oberholster et al., 2022). Estos valores son útiles como referencia para entender los posibles niveles de estos compuestos en vinos expuestos a condiciones similares.

En este contexto, los resultados de la TLC sugieren que las muestras PA, PB y CA contienen compuestos marcadores de humo en niveles detectables, mientras que el vino CC destaca como un control sin signos de exposición. Esto resalta la utilidad de la TLC como una herramienta cualitativa para identificar la presencia de compuestos relacionados con el humo, aunque se requieren análisis cuantitativos como GC-MS para obtener una visión más precisa del impacto de estos compuestos en las características sensoriales del vino.

El hallazgo de una pequeña marca asociada a estos estándares en el vino PC (considerado como control) plantea la necesidad de evaluar posibles contaminaciones cruzadas durante el proceso de vinificación. Este resultado revela la importancia de analizar no solo la exposición directa de las vides al humo de incendios, sino también factores relacionados con el almacenamiento, por ejemplo, el uso de barricas de roble. Estas barricas que aportan aromas terciarios al vino pueden transferir compuestos fenólicos relacionados al humo, especialmente en vinos sometidos a crianza, ya que, según estudios previos, el guayacol puede originarse durante la fermentación o maduración en barricas de roble, alcanzando concentraciones de hasta 100 $\mu\text{g/L}$ y 20 $\mu\text{g/L}$, respectivamente (Pollnitz A et al., 2004; Kennison et al., 2009). En este caso, el vino PC tuvo una crianza en barrica de seis meses, lo que refuerza la hipótesis de que el guayacol detectado podría tener un origen distinto al humo de incendios.

Análisis Sensoriales

Prueba Triangular. Las Tablas 7 y 8 muestran los resultados de la prueba triangular. En ambos casos, el alfa valor fue mayor a 17, lo que indica que los catadores fueron capaces de percibir diferencias sensoriales significativas entre las muestras evaluadas. Este análisis refuerza la capacidad del panel de expertos para detectar variaciones sensoriales asociadas a los vinos en evaluación.

Tabla 7 Combinatoria y resultados para la prueba triangular en los vinos del cv. País.

Combinaciones	Resultado prueba triangular
PC – PA	Significativo
PC – PB	No significativo
PA – PB	Significativo

Tabla 8. Combinatoria y resultados para la prueba triangular en los vinos del cv. Cinsault.

Combinaciones	Resultado prueba triangular
CC - CA	Significativo
CC - CB	Significativo
CA - CB	Significativo

Una posible razón que podría explicar la diferenciación sensorial entre las muestras es la presencia y concentración de fenoles volátiles, ya que se ha demostrado que la exposición de las uvas al humo influye en la composición química y las características sensoriales del vino y puede causar un aparente “sabor a humo” (Kennison et al., 2007).

Además, como se mencionó anteriormente, los fenoles volátiles en el vino pueden presentarse en formas libre como glicoconjugadas. Estos glicoconjugados, formados a través de la glicosilación de los compuestos fenólicos, son inodoros e insípidos hasta que son hidrolizados enzimáticamente o en un medio ácido. Estudios previos han demostrado que la hidrólisis enzimática de estos compuestos puede activarse por la saliva durante la degustación, liberando aromas y sabores a humo indeseables que pueden ser percibidos en diversos grados por la persona que bebe vino que contiene glicoconjugados de fenoles volátiles derivados del humo

(Mayr et al., 2014). Esta dinámica podría explicar por qué vinos como el CA, con demostrada presencia de fenólicos volátiles detectados previamente en la TLC, fueron consistentemente diferenciados por el panel. De igual manera, la presencia de fenoles volátiles en el País Control (PC), detectada en la TLC, podría explicar que los catadores no hayan sido capaces de diferenciar con respecto a uno de los Países expuesto a humo (PB), lo que indica la relevancia de los compuestos relacionados con el “carácter ahumado” como principal factor de diferenciación.

La diferenciación sensorial significativa de vinos expuestos al humo refuerza la hipótesis de que los compuestos fenólicos volátiles asociados al gusto o retrogusto al humo, tanto en su forma libre como glicoconjugada, tiene un impacto directo en las características sensoriales del vino. Esto también subraya la importancia de los métodos de vinificación y el manejo del viñedo en minimizar el impacto de estos compuestos en vino de regiones afectadas por incendios.

Prueba Hedónica

Análisis de Friedman. La Tabla 9 muestra los resultados de la prueba de Friedman para los cultivares País y Cinsault. En ambos casos, el valor de $P < 0,05$ indica que si hay diferencias significativas en la aceptación sensorial entre las muestras. En el caso del cv. País, el vino control (PC) gustó más que el vino PB, pero sin diferencias con el vino PA. En cuanto a los vinos cv. Cinsault, tanto el vino control (CC) como el CB gustaron más que el vino CA.

Es importante considerar que, en este tipo de pruebas, la preferencia de los catadores podría estar influida por factores subjetivos, como el hecho de que algunos de ellos indicaran que el cv. País no era de su preferencia, motivo por el cual pueden explicarse algunos puntajes más bajos aún en vinos que no estuvieron expuestos al humo. Además, todos los vinos tuvieron diferente exposición o cercanía a los incendios y se tiene conocimiento de que el humo puede variar significativamente en su composición en función de los perfiles de pirólisis y las condiciones ambientales (Sekimoto et al., 2018). En este sentido, la evaluación de la calidad de los vinos “ahumados” se complica porque se ha documentado que

algunos compuestos relacionados al humo se pueden encontrar en vinos que no han sido expuestos al humo (Pollnitz et al., 2004), como ocurre con el uso de barricas de roble. Aun así, lo que constituye el sabor a humo sigue siendo cuestión de criterio, dadas las diferencias interindividuales de los gustos del consumidor (Parker et al., 2024).

El vino CB obtuvo la calificación más alta entre todas las muestras, aun cuando estuvo relativamente cercano a los incendios. La imagen satelital (Figura 1) muestra que la pluma de humo se movió hacia el norte y luego al noroeste, lo que sugiere que este viñedo, que estuvo libre de incendios en un radio de 7 km al hacia el sureste, tuvo menor exposición a la intensidad del humo. Esto habría limitado la acumulación de fenoles volátiles, reduciendo el impacto negativo en el perfil sensorial del vino. Además, este vino mostró un equilibrio notable en cuanto a su acidez y azúcar residual, características que pueden haber contribuido a su mayor aceptación.

Tabla 9. Calificación en prueba hedónica de los vinos cv. País y cv. Cinsault expuestos al humo de los incendios y de los vinos control.

Muestras País	Promedio prueba hedónica
PA	4 ab
PB	3 a
PC	6 b
Muestras Cinsault	Promedio prueba hedónica
CA	4 a
CB	7 b
CC	6 b

Letras minúsculas distintas dentro de la columna indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Friedman ($P < 0,05$).

En contraste con el vino CA, el cual mostró una menor aceptación. Esto puede explicarse por la presencia de fenoles volátiles relacionados con el humo, un nivel de azúcar residual que, aunque mayor al del vino CB, no pareció ser suficiente para contrarrestar los atributos negativos percibidos como el retrogusto a ceniza o a quemado.

Por un lado, la baja aceptación del vino CA coincide con los comentarios de los catadores, ya que algunos indicaron que este mostraba claramente un gusto “ahumado” y a “ceniza”. Este resultado se alinea con los hallazgos de la TLC, que identifica marcadores relacionados con el humo y con la proximidad de este viñedo a los incendios.

Por otro lado, la alta aceptación del vino CB, que estuvo expuesto al humo, refuerza la idea de que la proximidad a los incendios no es el único factor determinante en la percepción sensorial del sabor a humo. Este resultado destaca la importancia de considerar otros factores como la composición química y las prácticas de vinificación específicas de cada viñedo, ya que en un estudio realizado por Ristic et al., (2011), determinó que prácticas como la reducción del contacto con la piel y el uso de cepas de levadura para maximizar los caracteres frutales en el vino ayudaron a disminuir el sabor desagradable. La aceptación del vino CB que obtuvo una calificación promedio que se encuentra en “me gusta moderadamente”, puede deberse al contenido de Alcohol y azúcar residual expresado en el análisis químico de la Tabla 5 (12,7° y 1,55 g/L, respectivamente), y a la leve exposición al humo que tuvo, lo cual pudo haber formado un equilibrio del gusto de los catadores. Siguiendo la misma idea, los vinos control PC y CC que se encuentran en “me gusta ligeramente” en la escala de nueve puntos de las preferencias hedónicas, puede deberse también a su contenido de alcohol y azúcar residual, sumado a que no tuvieron exposición al humo, por lo tanto, no cuentan con la influencia de fenoles volátiles relacionados al “smoke taint”. Entre estos tres vinos con mejor calificación, destaca el vino CC, que además de los parámetros ya mencionados se suma por las preferencias del cultivar Cinsault por sobre el cultivar País.

Los resultados del análisis de Friedman evidencian que las diferencias sensoriales entre los vinos están influenciadas por múltiples factores, incluyendo la exposición al humo, la composición química y las características intrínsecas en cada muestra. La percepción del “sabor a humo” no es un fenómeno absoluto, sino que depende de la interacción de estas variables y de las diferencias individuales en las preferencias de los consumidores.

CONCLUSIONES

La exposición de las vides al humo de los incendios forestales puede influir en las características sensoriales y químicas de los vinos, aunque este impacto no siempre es correlativo a la cercanía o distancia de los viñedos a los incendios. Esto subraya la complejidad de los efectos del humo en la calidad del vino y que depende de múltiples factores, tal como la composición del humo, las condiciones ambientales y las prácticas de vinificación, entre otros.

Este estudio también sugiere que la percepción sensorial de los vinos afectados por el humo puede estar medida por factores enológicos. Sin embargo, estas prácticas no eliminan completamente los efectos del humo, lo que refuerza la necesidad de realizar análisis más detallados.

En conclusión, este trabajo aporta evidencia sobre la complejidad del “*carácter ahumado*” en vinos y destaca la importancia de adoptar un enfoque multifactorial para evaluar y mitigar los efectos del humo. Futuras investigaciones deben centrarse en optimizar prácticas enológicas y métodos analíticos para gestionar de manera más efectiva el impacto de los compuestos relacionados con el humo en vinos, mejorando tanto su calidad sensorial como su aceptación por parte de los consumidores.

REFERENCIAS

- Anzaldúa-Morales, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Acribia, Zaragoza, España.
- AWRI. (2003). Australian Wine Research Institute.
- Balzarini, M., Gonzáles, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., & Robledo, C. (2008). Infostat: Software estadístico. Manual del usuario. Versión 2008. Córdoba, Argentina.
- Benedetti Ruiz, S., González González, M., Jordán Díaz, C. A., & Soto Aguirre, D. (2009). Sistematización Silvícola, Tecnológica y Comercial de Boldo (*Peumus boldus* Mol.) en Chile.

- Boidron, J. N., Chatonnet, P., & Pons, M. (1988). Influence du bis sur certaines substances odorantes des vins. *Connaissance Vigne Vin*, 22(4): 275-294.
- Bordeu, E., & Scarpa, J. (2000). *Análisis químico del vino (2da. ed.)*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Cacho, J. (19 de Diciembre de 2012). *Conocimientos actuales sobre la hidrólisis de los compuestos glucosídicos en los vinos*. Obtenido de Acenología: https://www.acenologia.com/hidrolisis_compuestos_glucosid_cienc1212/
- CONAF. (2020). *CONAF*. Obtenido de <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadistica-de-ocurrencia-diaria/>
- CONAF. (2023). *conaf.cl*. Obtenido de <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadistica-de-ocurrencia-diaria/>
- Copernicus. (2024). *Copernicus*. Obtenido de Sentinel-2 satellite images: <https://www.copernicus.eu/es>
- Costell, E. (2005). *El análisis sensorial en el control y aseguramiento de la calidad de los alimentos: una posibilidad real*.
- Díaz-Robles, L. A., Petit-Breuilh, X., Dávila, S., Varela-Bruce, C., & Lagos, C. (s.f.). Physic-chemical characterization of the 11 most used trees in Chile for residential wood combustion.
- Fudge, A., Ristic, R., Wollan, D., & Wilkinson, K. (13 de Mayo de 2011). Amelioration of smoke taint in wine by reverse osmosis and solid phase adsorption. *Wiley Online Library*. Obtenido de Australian Journal of Grape and Wine Research: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-0238.2011.00148.x>
- González, M. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33° - 42° S). *Bosque (Valdivia)*.
- Herve, E., Price, S., & Burns, G. (2011). Free guaiacol and 4-methylguaiacol as markers of smoke taint in grapes and wines. *Proceedings of the 9e Symposium International d' Enologie*.
- Kelley, J. E. (2009). Fire Intesity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, 18(1), 116-126.

- Kelly, D., Zerihun, A., Singh, D., Vitzthum, C., Gibberd, M., Grice, K., & Downey, M. (2012). Exposure of grapes to smoke of vegetation with varying composition and accretion of lignin derived putative smoke taint compounds in wine. *Food Chemistry*, 787-798.
- Kennison, K. R., Wilkinson, K. L., Pollnitz, A. P., William, H. G., & Gibberd, M. R. (2009). Effect of timing and graduation of grapevine exposure to smoke on the composition and sensory properties of wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15, 228-237.
- Kennison, K. R., Wilkinsons, K. L., Williams, H. G., & Smith. (2007). Smoke-derived taint in wine: Effect of postharvest smoke exposure of grapes on the chemical composition and sensory characteristics of wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(26), 10897-10901.
- Kennison, K., Gibberd, M., Pollnitz, A., & Wilkinson, K. (2008). Smoke-derived taint in wine: The release of somke-derived volatile phenols during fermentation of Merlot juice following grapevine exposure to smoke. *Journal of agricultural and food chemistry*.
- King, E. S., & Heymann, H. (2014). The effect of Reduced Alcohol on tge Sensory Profiles and Consumer Preferences of White wine. *J. Sens. Stud*, 29, 33-42.
- Krstic, M. P., Johnson, D. L., & Herderich, M. J. (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. *Australian Journal Grape Wine Res*, 21, 537-553.
- Martínez, J., Barbua, M., & Gutiérrez, A. (2004). Evolución de los vinos de tempranillo durante la crianza en barrica. Incidencia del origen del roble.
- Mayr, C. M., Parker, M., Baldock, G. A., Black, C. A., Pardon, K. H., Williamsom, P. O., . . . Francis, I. L. (2014). Determination of the importance of in-mouth release of volatile phenol glycoconjugates to the flavor of smoke-tainted wines. *J. Agric. Food Chem.*, 62, 2327-2336.
- Moreno, J. &. (2012). *Enological Chemistry* Academic Press.

- NASA. (11 de Febrero de 2023). *FIRMS*. Obtenido de Información sobre incendios para el sistema de gestión de recursos: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#t:adv;m:tsd;d:2023-01-29..2023-02-11;@-72.4,-37.2,9z>
- Oberholster, A., Wen, Y., Dominguez, S., Erdmann, J., auduro, R., Rambaugh, A., . . . Hildegarde, H. (2022). Investigation of different wineaking protocols to mitigate smoke taint character in wine. *Department of Viticulture & enology, University of California Davis*, 27(5) 1732.
- Ortiz, C., de Brujin, J., Loyola, C., Serra, I., Melin, P., & Perez, C. (2022). Journal of Agro-Industrys Sciences. *Journal of Agro-Industry Sciences*, 4(3) 81-88.
- Parker, M., Jiang, W., Siebert, T. E., & Herderich, M. J. (2024). Smoky Characters in Wine: Distinctive Flavor or Taint? *J. Agric. Food Chem.*, 72, 9581–9586.
- Parker, M., Osidacz, P., Baldock, G. A., Hayasaka, Y., Blacky, C. A., Pardon, K. H., . . . Francis, L. I. (2012). Contribution of Several Volatile Phenols and Their Glycoconjugates. *Agricultural and food chemistry*, 60 (10), 2629-2637.
- Paz, J., & Pérez, L. (1999). Análisis comparativo de las propiedades microscópicas y macroscópicas de la madera de *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*.
- Peryam, D., & Pilgrim, F. (1957). *Hedonic scale method of measuring food preferences. Food Technol.*
- Pineda, N. (2020). Efectos del mega incendio forestal del 2017 en la composición química y características sensoriales del vino cv. cinsault.
- Pollnitz, A. P., Pardon, K. H., Sykes, M., & Sefton, M. A. (2004). The Effects of Sample Preparation and Gas Chromatograph Injection Techniques on the Accuracy of Measuring Guaiacol, 4-Methylguaiacol and Other Volatile Oak Compounds in Oak Extracts by Stable Isotope Dilution Analyses. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 3244–3252.
- Pollnitz, A., Pardon, K., Sykes, M., & Sefton, M. (2004). The effects of sample preparation and gas chromatograph techniques on the accuary of measuring guaiacol, 4-methylguaiacol and other volatile oak compounds in oak extracts by stable isotope dilution analyses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 3244-3252.

- Ristic, R., Osidacz, P., Pinchbeck, K. A., Hayasaka, Y., Fudge, A. L., & Wilkinson, K. L. (2011). The effect of winemaking techniques on the intensity of smoke taint in wine. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 17, S19-S40.
- Roessler, E. B., Warren, J., & Guymon, J. F. (1948). Significance in Triangle Test. *Food Research*, 503-505.
- Sabugo Espejo. (2019). Efecto de la quema de distintas maderas (Pino, Eucalipto y Hualle) en las características organolépticas y químicas del vino cv. Cinsault. *Universidad de Concepción*.
- Sekimoto, K., Koss, A. R., & Gilman, J. B. (2018). High- and low-temperature pyrolysis profiles describe volatile organic compound emissions from western US wildfire fuels. *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 9263–9281.
- Serra, I., Calderón-Orellana, A., Pineda, N., Sabugo, D., Ahumada-Rudolph, R., & Pérez, C. (2019). Wildfires in the South Region of Chile Lessons and Unanswered Questions from the 2017 Mega Wildfire. *Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción*.
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (s.f.). *Normalized Burn Ratio (NBR)*. Obtenido de UN-SPIDER Knowledge Portal: <https://un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-burn-severity/in-detail/normalized-burn-ratio>