

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE PREGRADO**

**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL ETANAL EN LA  
ESTABILIDAD COLORANTE Y ASTRINGENCIA DE UN VINO DEL  
CV. CABERNET SAUVIGNON**

**CRISTIAN MAURICIO MUÑOZ OROZCO**

SANTIAGO – CHILE

2017

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE PREGRADO**

**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL ETANAL EN LA  
ESTABILIDAD COLORANTE Y ASTRINGENCIA DE UN VINO DEL  
CV. CABERNET SAUVIGNON**

**DETERMINATION OF THE ETHANAL EFFECT ON THE COLORING  
STABILITY AND ASTRINGENCE OF A WINE FROM THE CV.  
CABERNET SAUVIGNON**

**CRISTIAN MAURICIO MUÑOZ OROZCO**

SANTIAGO – CHILE

2017

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL ETANAL EN LA ESTABILIDAD COLORANTE Y  
ASTRINGENCIA DE UN VINO DEL CV. CABERNET SAUVIGNON

Memoria para optar al Título Profesional de:

Ingeniero Agrónomo

**CRISTIAN MAURICIO MUÑOZ OROZCO**

PROFESORES GUÍA

CALIFICACIONES

Álvaro Peña Neira

Ingeniero Agrónomo – Enólogo, Dr.

6,4

PROFESORES EVALUADORES

Eduardo Loyola Madariaga

6,2

Ingeniero Agrónomo – Enólogo, Dr.

Maruja Cortes Belmar

5,8

Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc. Dr.

Santiago, Chile

2017

## **AGRADECIMIENTOS**

Siempre pensé que este punto sería el más sencillo de escribir, sin embargo, para mi es imprescindible considerar a toda la gente que me apoyo de muchas formas en este largo andar. En primer lugar, agradecer a mis abuelos Humberto Orozco y Elena Hinojosa esforzados agricultores frutilleros de la zona central, quienes si bien no están, desde pequeños inculcaron la vida agrícola, la honestidad y el trabajo. Luego a mi familia que tanto padres como hermanos que siempre estuvieron apoyando en todo y fomentado la perseverancia.

Ahora bien, debo considerar personas a todos los académicos, y colaboradores del departamento de enología que siempre respondían mis consultas y se prestaban un minuto de su tiempo para resolver mis inquietudes. En especial, agradecer al profesor Álvaro Peña quien fue mi profesor guía, y gran colaborador no sólo en la memoria sino también en consideraciones externas.

Finalmente agradecer al proyecto FONDECYT 1140882 : “Alternatives for accelerating the maturation and ageing of Chilean Cabernet sauvignon wines: Assessment of their chemical and sensorial quality features”, por su colaboración monetaria en le memoria.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
MATERIALES Y MÉTODO.....	5
Materiales.....	5
Método.....	6
Variable a Medir.....	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
Composición Fenólica.....	10
Propiedades Cromáticas.....	12
Perfil de Antocianinas.....	13
Etanal.....	15
Análisis de Polisacáridos.....	16
Análisis Sensorial.....	17
Perfil Aromático.....	18
CONCLUSIÓN.....	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23

## RESUMEN

La matriz vínica es una solución hidroalcohólica de alta complejidad, esta complejidad está dada tanto por los metabolitos primarios (azúcares, ácidos, etc.) como los metabolitos secundarios (compuestos fenólicos, compuestos volátiles, etc.). Estos últimos se presentan en bajas concentraciones del orden de  $\text{mg L}^{-1}$  o  $\mu\text{g L}^{-1}$  respectivamente, sin embargo, son los principales factores de calidad de un vino. Dentro de los compuestos fenólicos se presentan: los antocianos, taninos y flavonoles. Los antocianos son los encargados de la coloración del vino tinto, por ende, la estabilidad de estos compuestos se hace muy relevante ya que se degradan y decoloran por diferentes agentes. La estabilidad de los antocianos es mediada por el efecto del etanal, que permite la interacción entre ellos y con otros compuestos fenólicos. Por esta razón, la presente investigación busca determinar el efecto del etanal sobre los compuestos poliméricos y la astringencia.

Se vinificaron uvas de cv. Cabernet Sauvignon en depósitos independientes, realizándose 4 tratamientos que constaron en agregar etanal en el proceso fermentativo, considerando un primer tratamiento sin aplicación y posteriormente 3 tratamientos con 100, 400 y 1200  $\text{mg L}^{-1}$  de etanal distribuidos a lo largo de todo el proceso fermentativo.

Los vinos analizados que se fermentaron con mayor concentración de etanal presentaron un efecto estadísticamente significativo sobre los porcentajes de pigmentos poliméricos, es decir, mayor interacción entre los compuestos fenólicos y por ende mayor estabilidad colorante. También se observó en los tratamientos diferencias significativas sobre algunos compuestos volátiles que son de reconocida importancia en el vino, como son las familias de los ésteres y de los alcoholes.

Se concluye que la adición de concentraciones crecientes de etanal en la fermentación alcohólica, aumenta la formación de compuestos poliméricos y estabilidad de colorante potencial.

## ABSTRACT

The wine matrix is a hydro alcoholic solution of high complexity, which is made up by the primary metabolites (sugars, acids, etc.) as well as the secondary metabolites (phenolic compounds, volatile compounds, etc). The latter are presented in low concentrations ranging from  $\text{mg L}^{-1}$  to  $\mu\text{g L}^{-1}$ , respectively. Nevertheless, these are the main factors that indicate the quality of a wine. Among the phenolic compounds there can be found: anthocyanins, tannins, and flavonols. The anthocyanins are the ones in charge of red wine coloring, therefore, the stability of these components becomes of huge importance since they degrade and decolor due to different agents. The stability of the anthocyanins is influenced by the ethanal which allows the interaction among them and other phenolic compounds. For this reason, this research aims at identifying the differential effect of the ethanal on polymeric compounds and also, we look for decreasing the astringency effect.

Cv Cabernet Sauvignon grapes were wine-made in independent containers, where we worked in four treatments. These consisted on adding ethanal in the fermentation process, considering a first treatment without application, and subsequent 3 treatments with 100, 400 y  $1200 \text{ mg L}^{-1}$  of ethanal distributed along the fermentation process.

The wines submitted to analysis which fermented with higher ethanal concentration presented a statistically significant effect on the percentages of polymeric pigments, that means greater interaction among the phenolic compounds; thus, higher coloring stability. Significant differences in some volatile compounds of vast importance in wine were also analyzed and observed, such as in the family of esters as well as in the alcohols.

In this work, it is concluded that the addition of increasing concentration of ethanal in the alcoholic fermentation increases the formation of polimeric compounds and the potencial coloring stability.

## INTRODUCCIÓN

Son diversos los compuestos de la matriz del vino, destacando los compuestos fenólicos. Estos compuestos son sustancias con uno o más anillos bencénicos y al menos un sustituyente hidroxilo. Si en el benceno se sustituye un hidrógeno por un hidroxilo se obtiene un fenol. En el caso del vino, los compuestos fenólicos contribuyen a su calidad sensorial, siendo responsables de caracteres tan importantes como el color, amargor y la astringencia. Aunque los compuestos fenólicos encontrados en el vino también pueden originarse a partir de fuentes microbianas y de barricas de roble, la mayoría de dichos compuestos provienen mayoritariamente de la uva. Los compuestos fenólicos se clasifican en no flavonoides y flavonoides. Dentro de los flavonoides están los flavonoles, flavanoles y antocianos. Los antocianos son los responsables del color característico de los vinos tintos, no obstante, también pueden unirse a otros compuestos conocidos como copigmentos, formando compuestos coloreados que pueden aportar coloraciones que van desde teja hasta violeta. Los flavonoles son responsables del color amarillo de la piel de las uvas, no obstante, su participación directa en el color del vino tinto es de poca importancia, cobrando relevancia en el proceso de copigmentación (Cheynier *et al.*, 2000). Por otro lado, si bien los taninos o flavanoles no participan directamente en el color del vino, éstos contribuyen como copigmentos o mediante complejas transformaciones químicas en las que interaccionan entre ellos y/o con los antocianos formando nuevos pigmentos. Por otra parte, los taninos son, en gran medida, los responsables del sabor amargo, de la astringencia, del cuerpo y de la capacidad para envejecer del vino (Zamora, 2003; Kennedy, 2008).

La copigmentación es un fenómeno que se produce típicamente en medio acuoso y que afecta a los antocianos monómeros en su forma de catión flavilio, a la vez que a otros compuestos fenólicos, normalmente no pigmentados, denominados copigmentos o cofactores de copigmentación (Boulton, 2001). La evolución y estabilización del color de los vinos tintos durante su envejecimiento han sido atribuidas clásicamente a la formación de pigmentos poliméricos, por reacción entre los antocianos monómeros (A) y otros compuestos fenólicos mayoritarios de los vinos tintos, los flavanoles (taninos (T)). En principio, son posibles dos tipos de pigmentos poliméricos, uno es que la molécula de antociano ocupa la posición inicial del polímero (pigmento tipo A-T), y otro en los que el antociano es la parte final de éste (pigmento tipo T-A). No obstante, la unión antociano-tanino puede ser directa, existe un tipo de unión mediada por una molécula, el etanal o acetaldehído (Noble, 1994; Llaudy *et al.*, 2006). El etanal o acetaldehído es un compuesto orgánico de fórmula  $\text{CH}_3\text{CHO}$ . Es un líquido volátil, incoloro y con un olor característico ligeramente afrutado. Su límite de detección sensorial es de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (Sheridan y Elias, 2015). En el vino tiene su origen en el metabolismo de los microorganismos fermentativos, pero mayoritariamente se origina por procesos oxidativos que afectan al etanol, producto de operaciones unitarias tales como trasiegos, remontajes, *delestages*, entre otros, o bien procesos de crianza en barricas de roble

o el uso de técnicas como la microoxigenación. Sensorialmente los puentes de etanal entre antocianos y taninos contribuyen a un aumento en la estabilidad del color, mientras que los procesos en que el etanal actúa de puente entre flavanoles, disminuyen la sensación de astringencia por un aumento del grado de polimerización de las moléculas de taninos condensados (Danilewitz, 2003).

No obstante, los importantes efectos sensoriales que puede generar la presencia de etanal en concentraciones que generen los efectos positivos antes mencionados, su concentración es variable, dado que los momentos en que se origina este compuesto dependen principalmente del ingreso del oxígeno y los procesos oxidativos que éste genera. Conjunto a lo anterior se agrega que la actividad microbológica también produce etanal, principalmente durante la fase inicial del proceso fermentativo, las concentraciones de etanal producidas por la microbiota dependen de las condiciones ambientales en las cuales se produce la fermentación (Ebeler y Spaulding, 1999). Por lo mencionado anteriormente no es posible controlar concentraciones exactas de dicho compuesto en el vino. En los Estados Unidos de América se permite adicionar etanal como aditivo enológico en concentraciones no superiores a 300 mg L<sup>-1</sup> (Sheridan y Elias, 2015). Los mismos autores en un estudio con adición temprana de etanal durante el proceso de fermentación de un mosto de uvas del cv. Cabernet franc, observaron en el vino terminado un aumento en la formación de pigmentos poliméricos, aumento en la estabilidad del color y disminución de la astringencia.

La variedad tinta más importante plantada en Chile corresponde a Cabernet Sauvignon con cerca de 40.000 ha (SAG, 2014). Los vinos de esta variedad se caracterizan por una buena intensidad de color, por una alta concentración de taninos y buena estructura (Robinson, 2006). No obstante, existen algunos estudios sobre la formación de etanal por el efecto de la crianza en barricas (Silva, 2008) o el uso de la técnica de microoxigenación (Salinas, 2012), no existen a la fecha estudios en Chile que permitan conocer el efecto de la adición de etanal sobre importantes aspectos asociados a características químicas y sensoriales de vinos de la variedad tinta antes mencionada.

### **Hipótesis**

Dosis crecientes de etanal aplicadas al inicio del proceso de fermentación alcohólica, aumentan la intensidad y estabilidad colorante y disminuyen la sensación de astringencia.

### **Objetivo**

Determinar el efecto de adiciones crecientes de etanal en la fermentación alcohólica sobre la estabilidad colorante y astringencia de un vino del cv. Cabernet Sauvignon.

## MATERIALES Y MÉTODO

### Lugar de estudio

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Química Enológica, Laboratorio de Análisis Cromatográfico y Laboratorio de Análisis Sensorial del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Las vinificaciones se realizaron en la Planta Piloto Agroindustrial de la misma Facultad.

### Materiales

#### Muestras de uvas

Para el estudio se utilizaron uvas de la vendimia 2016 del cv. Cabernet Sauvignon del Valle del Maipo provenientes de la Viña Santa Rita en Alto Jahuel. Las uvas fueron cosechadas aproximadamente con 24° brix, de un viñedo pie franco plantado el año 2007, conducido en espaldera, con riego por goteo y una producción estimada de 10 ton ha<sup>-1</sup>

#### Solventes y reactivos

Para la determinación de los taninos totales se utilizó metilcelulosa (Sigma-Aldrich, USA). Los polisacáridos se cuantificaron utilizando dextrans (procedentes de *Leuconostoc mesenteroides*) y pectinas (procedentes de frutos cítricos) adquiridos en Analytical Fluka, 21424-100 MG, marca Sigma-Aldrich Corporation (Saint Louis Missouri, EEUU). Además, formiato de amonio, HCl (37% v/v) y etanol (96% v/v) adquiridos en Merck (Santiago-Chile). El etanol (99,5% v/v) se adquirió en SIGMA-ALDRICH (Santiago, Chile).

#### Equipamiento

Los análisis fenólicos y de color se realizaron en un espectrofotómetro UV-VIS Pharmaspec, modelo UV-1700 (Shimadzu, Kyoto, Japón).

En la cuantificación de fracciones de polisacáridos de diferente masa molecular se utilizó un equipo de cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) Agilent 1260 Infinity Serie (Alemania), equipado con una bomba cuaternaria G1311B, un horno para columnas G1316A equipado con dos columnas Shodex SB-803 HQ y SB-804 HQ (Japón) conectadas en serie, un detector de índice de refracción G1362A y un detector de arreglo de diodos G1315D, y

un computador con el software controlador Agilent ChemStation (version B.04.03). Para la extracción de polisacáridos de las muestras de vinos se ocupó una centrifuga Heraeus Labofuge 400 (Alemania) y un rotavapor Büchi B-491 (Suiza).

## Método

### Tratamientos y diseño de experimentos

El ensayo se estructuro de 4 tratamientos correspondientes a la adición de 25, 100 y 300 mg L<sup>-1</sup> de etanal, y un testigo sin aplicación. Cada tratamiento se realizó por triplicado como se muestra en el Cuadro 1. La unidad experimental fue un depósito de 25 L de plástico de uso alimentario y la unidad muestral que fue analizada fueron 4 botellas de vino de 750 mL. (3 para análisis fisicoquímicos y 1 para análisis sensorial).

Cuadro 1. Diseño y procedimiento de las aplicaciones de etanal durante el proceso de fermentación alcohólica.

Tratamiento	Producto	Momento de aplicación	Repeticiones
T <sub>0</sub>	Sin aplicación	Sin aplicación	3
T <sub>1</sub>	25 mg x 4	Inicio FA (cada 2 días)	3
T <sub>2</sub>	100mg x 4	Inicio FA (cada 2 días)	3
T <sub>3</sub>	300 mg x 4	Inicio FA (cada 2 días)	3

### Procedimiento

Los vinos se elaboraron a partir de uvas del cv. Cabernet Sauvignon, cosecha 2016, cosechadas de forma manual de un viñedo conducido en espaldera con una producción estimada de 10 ton ha<sup>-1</sup>, siendo cosechadas con un nivel de sólidos solubles entre 23-24° Brix. Las uvas despalilladas y molidas se vinificaron realizando pisoneos de 5 minutos 3 veces al día desde el inicio de la fermentación alcohólica hasta una densidad de 1050, luego desde los 1050 a 1000 se realizaron 2 pisoneos diarios y desde los 1000 hasta el final de la fermentación alcohólica solo se procedió a hundir el sombrero (materias sólidas de la uva que suben a la superficie de los mostos en fermentación). El etanal se agregó de acuerdo a lo descrito por Sheridan y Elias (2015) en su forma líquida (temperaturas bajo cero considerando que la temperatura de ebullición de este compuesto es de 20°C), con aplicaciones cada dos días desde el inicio de la fermentación alcohólica y hasta el término de la misma, como se describe

en el Cuadro 1 con una primera aplicación desde el inicio de la fermentación alcohólica y luego cada dos días así completando las 4 aplicaciones. Junto con ello, de cada tratamiento y repetición se extrajo 1 tubo falcon de 50 mL con 45 mL de vino del tratamiento respectivo. Estos fueron enfriados a temperaturas cercanas a los 3-4°C, para evitar las pérdidas por volatilización de etanal. Las inyecciones de etanal realizadas a cada tratamiento y sus repeticiones se realizaron directamente dentro de un congelador a -20°C. para evitar pérdidas por evaporación en la incorporación a los tubos falcon. Una vez que se realizó esta operación con una micropipeta o pipeta dependiendo del volumen a aplicar las dosis descritas anteriormente, se aseguró su difusión al interior de la matriz del mosto en los tubos, y posteriormente los tubos eran agregados a los depósitos de 25 L. que contenían el mosto, luego se realizaron las labores de hundimiento del sombrero descritas anteriormente. Una vez terminada la fermentación alcohólica se realizó el descube del vino gota y se corrigió con SO<sub>2</sub> libre hasta alcanzar las 35 ppm, no realizándose fermentación maloláctica. Una vez embotellados los vinos en botellas de 750 mL se procedió, transcurridas 4 semanas a realizar los análisis físicos, químicos y sensoriales

### **Variables a medir**

**pH.** Mediante potenciometría (Bordeau y Scarpa, 1998).

**Acidez total.** Mediante titulación con NaOH usando como indicador fenolftaleína (Bordeau y Scarpa, 1998).

**Fenoles totales.** Medición espectrofotométrica DO 280 nm (García Barceló, 1990).

**Taninos totales.** Medición mediante precipitación con metilcelulosa (Mercurio *et al.*, 2007).

**Antocianos totales.** Mediante decoloración por bisulfito (García Barceló, 1990).

**Etanal (acetaldehído).** Mediante espectrofotomería, con kit enzimático (Bordeau y Scarpa, 1998).

**Intensidad colorante.** Por espectrofotometría a DO 420, 520 y 620 nm (recopilado por Bordeau y Scarpa, 1998).

**Perfil de antocianinas.** Mediante cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC-DAD) (Peña-Neira *et al.*, 2007).

**Espacio CIELab.** Cálculo de los parámetros a\*, b\*, L\*, C\* y H\*, mediante la medición espectrofotométrica a 450, 520, 570 y 630 nm. (CIE, 1986).

**Análisis de Copigmentación.** Se determino la fracción de pigmentos poliméricos del color del vino, a través del método diseñado por Boulton (1996).

**Cuantificación de polisacáridos según peso molecular.** Modificado respecto del método propuesto por Ayestarán *et al.*, (2004).

**Análisis sensorial.** Se trabajó con un panel entrenado en astringencia, conformado por 12 evaluadores. Se utilizó una pauta no estructurada de calidad de 15 cm, donde 0 cm representa la ausencia del atributo y 15 cm la máxima intensidad del atributo.

Los atributos sensoriales que se analizarán se presentan en el anexo I.

**Perfil aromático de las muestras por Cromatografía de Gases acoplada e espectrometría de masas (GC-MS).** Mediante técnica de microextracción en fase sólida del espacio de cabeza. Se cuantificaron los compuestos aromáticos mediante rectas de calibrado. (Ubeda *et al.*, 2017).

### **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio, se analizaron usando estadística descriptiva y correlaciones. También fueron analizados estadísticamente mediante un análisis estadístico de varianza (ANDEVA) al 95% de confianza y de existir diferencias significativas, se utilizó el test de rango múltiple de Duncan a un nivel de significancia del 5%. Los datos se analizaron mediante el programa estadístico INFOSTAT.

A los datos obtenidos del análisis sensorial se compararon mediante un análisis estadístico de varianza al 95% de confianza (ANDEVA) y de encontrarse diferencias significativas se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan con un 5% de significancia. Este análisis estadístico se llevó a cabo con los softwares SPSS 11.5 y STATGRAPHICS PLUS 5.1 ambos para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La matriz del vino presenta una alta complejidad en su composición con presencia de compuestos de alta reactividad, entre los que destaca el etanal (o acetaldehído). El etanal es el compuesto carbonílico volátil más importante del vino que puede formarse tanto biológicamente (mediante la actividad de la levadura) como químicamente (por oxidación del etanol del vino). Su reactividad y su capacidad de combinación con los sulfitos explican en buena parte por qué los vinos necesitan distintas cantidades de SO<sub>2</sub> y por qué es importante un buen manejo del dióxido de azufre en la bodega para asegurar la estabilidad luego del embotellado.

En cuanto a los resultados de este trabajo, en el Cuadro 2 se observa que tanto los valores de pH y de acidez total no presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Sumado a ello al término de la fermentación alcohólica de los tratamientos se realizaron análisis de azúcares reductores y contenido alcohólico. El análisis de azúcares reductores mostró que todos los vinos presentaban contenidos menores a 2 g de azúcar L<sup>-1</sup>, y el contenido de alcohol se mantuvo en un rango de 13,5° a 14° de alcohol. Por todo lo descrito anteriormente se puede inferir que la vinificación tuvo una evolución y termino de igual forma en todos los tratamientos.

Cuadro 2. Acidez y pH en vinos de los tratamientos con diferentes niveles de adición de etanal.

<b>Tratamiento</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>pH</b>	3,77 ± 0,03 a	3,670 ± 0,04 a	3,743 ± 0,02 a	3,743 ± 0,01 a
<b>Acidez g L<sup>-1</sup> ácido sulfúrico</b>	5,28 ± 0,17 a	5,33 ± 0,23 a	5,436 ± 0,08 a	5,488 ± 0,08 a

Medias con letras unidas en sentido horizontal no presentan diferencias significativas a una prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

### Composición Fenólica.

A continuación, en los Cuadros 3 se presentan los resultados de la composición fenólica, es decir, fenoles totales, antocianos totales, taninos totales y pigmentos, respectivamente.

Cuadro 3. Composición fenólica de los vinos tratados con diferentes concentraciones de etanal.

Tratamiento	Fenoles totales mg EAG L <sup>-1</sup>	Antocianos totales mg L <sup>-1</sup> Malvidina	Taninos totales mg L <sup>-1</sup> (-) epicatequina	Fr. pig. polimérico (%)
T0	1118,13 ± 41,84 a	370,42 ± 56,74 a	781,84 ± 148,33 a	35,36 ± 1,02 a
T1	1173,40 ± 73,73 ab	328,36 ± 54,94 a	905,12 ± 112,3 a	36,34 ± 0,97 a
T2	1242,19 ± 86,16 b	326,25 ± 31,07 a	974,69 ± 125,06 a	39,64 ± 2,05 b
T3	1253,67 ± 30,58 b	321,01 ± 41,77 a	1228,51 ± 58,26 b	40,96 ± 0,5 b

Medias unidas con letras distintas en sentido Vertical muestran diferencias estadísticamente significativas, mediante una prueba de comparación de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Se observa que la tendencia es que a medida que aumentan las concentraciones de etanal aplicadas se produce un aumento en la concentración de fenoles totales. Esto se explica dado que el etanal compite fuertemente con el anhídrido sulfuroso en su unión con compuestos fenólicos (Jackowetz *et al.*, 2011). Al liberarse del anhídrido sulfuroso y unirse al etanal, los compuestos fenólicos son capaces de absorber a 280 nm y por lo tanto responder a su medición analítica espectrofotométrica. Por otra parte, el aumento en la formación de fenoles poliméricos y pigmentos poliméricos es resultado del aumento en las reacciones de polimerización mediadas por el etanal (de moléculas unidas antes a anhídrido sulfurosa), lo que también contribuiría a este comportamiento (Araya, 2016).

Además, se observó que, la concentración de antocianos no presentan cambios estadísticamente significativos en los distintos tratamientos, sin embargo lo antes expuesto en el Cuadro 3, deja en evidencia que en relación con el testigo, ya a partir de la dosis menor 100mg L<sup>-1</sup> de etanal, se aprecia una disminución de los antocianos libre coincidiendo con Sheridan y Elias, (2015), no existiendo un efecto mayor de combinación en la medida que se aumenta la dosis de etanal, lo que hace suponer que la combinación de antocianinas alcanza un máximo a cierto nivel de etanal en el medio y que niveles mayores de etanal no generan cambios en dicha combinación. Esto implicaría la presencia de un aumento de etanal sin combinar en el medio vínico, lo que coincide con lo observado en la medición de dicha variable presentada en el Cuadro 3.

Como se aprecia en el Cuadro 3, el comportamiento de los tratamientos muestra un aumento en la concentración de taninos totales. Estos resultados discrepan con los presentados por Sheridan y Elias, (2015), lo que se explicaría con lo señalado por Narvaez (2010), quien explica que las mediciones hechas con el método de metilcelulosa, reacciona y precipita todos los taninos, sumando además los que se encuentran unidos a pigmentos poliméricos, y como se puede apreciar en el Cuadro 3, los tratamientos que tuvieron mayor concentración de etanal fueron los que presentan mayor porcentaje de pigmentos poliméricos. Estas estructuras anteriormente mencionadas pueden ser producto de interacciones antociano - antociano o antociano - tanino, por lo que al existir un mayor porcentaje en la formación de estos compuestos con los tratamientos de mayor adición de etanal, podría existir una mayor concentración de taninos precipitables.

Otra explicación puede estar dada por lo descrito por McRae *et al.* (2010), quienes demostraron que los taninos que poseían un mayor grado de polimerización adquieren una mayor capacidad de absorción de luz a 280 nm. Por lo tanto, ésto explicaría que no necesariamente la concentración de taninos es distinta entre los tratamientos, sino que la absorción a 280 nm es mayor en los tratamientos que presentaron mayor polimerización correspondientes a los con mayor adición de etanal, y por lo tanto, el delta de absorción en la medición de metilcelulosa sería mayor.

El análisis de pigmentos poliméricos corresponde a una separación del total de los compuestos que proyectan y absorben color, los cuales se dividen en una fracción dada por antocianos libres, fracción dada por copigmentación y fracción dada por pigmentos poliméricos. Este último es el que se presenta, ya que representa una de las ideas de este estudio, que corresponden a pigmentos estables en su color y se analizan mediante el uso de etanal.

### Propiedades Cromáticas.

Cuadro 4. Resultados de análisis de Intensidad Colorante en vinos de los tratamientos con diferentes niveles de adición de etanal.

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
<b>Intensidad Colorante U.A. (Unidades de absorbancia)</b>	8,33 ± 0,65 a	8,65 ± 0,15 ab	9,41 ± 0,57 bc	10,02 ± 0,38 c

Letras distintas en sentido horizontal demuestran diferencias estadísticamente significativas según la prueba de comparación de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Con respecto a la intensidad colorante, se observan diferencias estadísticamente significativas como se aprecia en el Cuadro 4. El aumento en las concentraciones de etanal manifiesta una tendencia lineal a aumentar la intensidad colorante, especialmente en las absorbancias a 520 nm asociadas a las coloraciones rojas del vino. Este resultado interpretado en conjunto con los parámetros  $L^*$  y  $a^*$  obtenido mediante el análisis CIELab, permiten mencionar que los vinos tratados con mayores concentraciones de etanal además de presentar una tonalidad rojiza mayor, presenta además una mayor profundidad del color.

### Coordenadas cromáticas CIEL\*a\*b.

A continuación se presentan los resultados del análisis de espacio CIELab de las muestras de vinos en estudio.

Cuadro 5. Resultados de análisis CIELab en vinos tratados con diferentes niveles de etanal.

Parámetro	T0	T1	T2	T3
<b><math>L^*</math></b>	17,57 ± 1,70 a	17,97 ± 0,31 a	16,57 ± 1,31 ab	15,20 ± 0,78 b
<b><math>a^*</math></b>	49,12 ± 1,90 a	49,54 ± 0,27 a	47,90 ± 1,14 ab	46,56 ± 0,85 b
<b><math>b^*</math></b>	29,11 ± 2,31 ab	30,20 ± 0,39 a	28,13 ± 2,19 ab	25,94 ± 1,31 b

Letras individuales o unidas en sentido horizontal representan diferencias estadísticamente significativas medido con una prueba de comparación de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

En los parámetros presentados en el Cuadro 5 se observa en primer lugar una tendencia en la disminución de  $L^*$  el cual corresponde a la luminosidad desde valores de 0 (opaco) a 100 completamente transparente. Esto indica que a concentraciones menores de etanal, el vino presenta una mayor intensidad de color, percibiéndose así además de una tendencia en la disminución a medida que aumentaban las concentraciones en las aplicaciones, se presentan diferencias significativas entre el tratamiento T3 versus el tratamiento control (T0).

Por otro lado, también se observa esta tendencia decreciente en los parámetros de  $a^*$  y  $b^*$ . En el caso de  $a^*$  éste corresponde a la tonalidad del color rojo. A más positivo, mayor será la intensidad de ese color. Se observó que existe una disminución de los valores a medida que aumentaban las concentraciones desde el control (T0) al T3. En cambio, en el parámetro  $b^*$  correspondiente a tonalidades que van desde el azul para valores negativos y amarillo para valores positivos, el resultado arrojó una disminución a medida que aumentaban las concentraciones. Es decir, el tratamiento control y T1 que presentan menores concentraciones de etanal tienen mayor influencia por la tonalidad amarilla y en cambio T2 y T3 que corresponden a mayores concentraciones de adición de etanal presentaron menor influencia del color amarillo, es decir más tendencia azulada.

### Perfil de Antocianinas

A continuación, se presentan los resultados del análisis del perfil de antocianinas por HPLC-DAD de las muestras de vino en estudio.

Cuadro 6. Resultados de análisis de perfil de antocianinas de los vinos tratados con diferentes concentraciones de etanal.

Compuesto mg L <sup>-1</sup>	T0	T1	T2	T3
<b>Dp3G1</b>	4,94 ± 2,33 a	4,06 ± 2,15 a	2,89 ± 1,02 a	2,12 ± 0,98 a
<b>Pt3G1</b>	12,24 ± 3,76 a	9,12 ± 3,30 ab	6,11 ± 2,51 ab	4,64 ± 4,78 b
<b>Po3G1</b>	4,16 ± 1,18 a	3,84 ± 0,92 a	3,60 ± 0,98 a	2,38 ± 2,27 a
<b>Mv3G1</b>	194,78 ± 7,31 a	166,13 ± 18,09 ab	149,54 ± 38,07 b	131,46 ± 15,92 b

Continuación Cuadro 6.

<b>Dp3acGl</b>	9,91 ± 1,08 a	9,82 ± 1,97 a	8,64 ± 3,66 a	8,03 ± 2 a
<b>Mv3acGl</b>	28,14 ± 1,78 a	24,51 ± 1,33 ab	22,35 ± 6,45 ab	18,36 ± 1,89 b
<b>Mv3cuGl</b>	4,90 ± 0,45 a	4,10 ± 0,84 a	3,29 ± 0,48 a	3,01 ± 2,74 a
<b>Total</b>	259,08 ± 9,88 a	221,60 ± 24,14 ab	195,10 ± 37,93 bc	168,90 ± 24,43 c

Letras individuales o unidas en sentido horizontal representan diferencias estadísticamente significativas medido con una prueba de comparación de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

El perfil de antocianinas permitió identificar siete compuestos: Dp (delfinidina), Pt (petunidina), Po (peonidina), Mv (malvidina); en sus formas glucosiladas, acetiladas y cumariladas. En general, se aprecia una tendencia de disminución en todo el perfil de los compuestos presentes en el cromatograma. Como se puede observar en el Cuadro 6 la concentración total antocianinas presento diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, estadísticamente se puede mencionar que las antocianinas que presentaron mayor disminución fueron petunidina-3-glucósido, malvidina-3-glucósido y malvidina-3-acetil-glucósido. Dado que este análisis permite caracterizar a los compuestos en su forma libre, la disminución de las antocianinas antes mencionadas, daría cuenta de su mayor capacidad de unirse a otros compuestos, mediante los puentes que genera el etanal. Como se observa en la Cuadro 6. Los antocianos totales analizados por HPLC-DAD y cuantificados mediante curvas de calibrado con malvidina, muestran diferencias estadísticamente significativas en la disminución de estos a medida que aumentan las concentraciones de etanal, esto se explica dado que se está cuantificando la suma de las antocianinas detectadas por el método de alta resolución. En cambio no se observa esta misma disminución en el Cuadro 3. en antocianos totales, dado que el método de decoloración cuantifica todos los compuestos que sean decolorables con bisulfito y tengan absorbancia a 520 nm.

## Etanal.

A continuación, se presentan los resultados del análisis de etanal de las muestras de vinos en estudio, el Cuadro 7 muestra los resultados de etanal en vinos de los tratamientos con diferentes concentraciones de adición de etanal.

Cuadro 7. Contenido total mg L<sup>-1</sup> de etanal en los vinos analizados.

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
mg L <sup>-1</sup> Etanal	34,23 ± 5,73 a	58,48 ± 1,63 b	57,65 ± 3,64 b	66,73 ± 2,90 c

Letras distintas en sentido horizontal muestran diferencias estadísticamente significativas según una prueba de comparación de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Jakowetz *et al.* (2011) han determinado que los compuestos combinables con el SO<sub>2</sub> más importantes son el etanal, los ácidos el pirúvico y  $\alpha$ -cetoglutárico por sus propiedades de combinación y sus concentraciones habitualmente altas en los vinos. El etanal se combina típicamente un 75% del SO<sub>2</sub> combinado en los vinos blancos y un 50% en los vinos tintos. Cuanto mayor es la concentración de etanal en el vino, mayor es la necesidad de SO<sub>2</sub> al embotellarlo, lo que puede ser motivo de preocupación por un tema toxicológico y de máximos legales. En el caso del etanal se ha observado que este se presenta en el vino en concentraciones de hasta 100 mg L<sup>-1</sup> (Beutler, 1988). Según Nykanen (1986) el umbral de percepción sensorial del etanal es aproximadamente 100 mg L<sup>-1</sup> en vinos, por lo que de acuerdo a lo observado en este trabajo, las concentraciones de todos los tratamientos no sobrepasan este umbral de percepción. Cabe señalar que el etanal es toxicológicamente relevante. Se enlaza fácilmente a las proteínas (Tuma y Sorrell, 1985) y al ADN (Hemminki y Suni, 1984). La legislación chilena dictada por la subsecretaria de salud pública permite un máximo de 661 mg Kg<sup>-1</sup> de etanal, ya que considera al etanal dentro de las sustancias potencialmente cancerígenas (Decreto N° 209). Se pudo observar en el Cuadro 7 los valores de etanal que presentaban los vinos es 20 a 10 veces inferior (correspondiente a los tratamientos de menor a mayor concentración respectivamente) a los que permite la legislación, con un máximo de 67,20 mg Kg<sup>-1</sup> para el caso de los vinos del tratamiento T3.

### Análisis de Polisacáridos.

A continuación, se presentan los resultados del análisis de las fracciones de polisacáridos de distinta masa molecular.

Cuadro 8. Resultado de análisis de cuantificación de polisacáridos separados según fracción molecular, separándose en polisacáridos de bajo, medio y alto peso molecular.

<b>Tratamiento</b>	<b>Fracción de bajo peso molecular</b> <b>mg L<sup>-1</sup></b>	<b>Fracción de peso molecular medio</b> <b>mg L<sup>-1</sup></b>	<b>Fracción de alto peso molecular</b> <b>mg L<sup>-1</sup></b>	<b>Total</b> <b>mg L<sup>-1</sup></b>
<b>T0</b>	187,77 ± 48,66 a	285,42 ± 61,02 a	380,64 ± 75,85 a	853,82 ± 151,27 a
<b>T1</b>	182,15 ± 26,83 a	279,58 ± 11,68 a	304,28 ± 100,07 a	766,01 ± 136,41 a
<b>T2</b>	171,13 ± 26,01 a	266,83 ± 42,26 a	319,47 ± 49,46 a	757,43 ± 117,55 a
<b>T3</b>	185,06 ± 10,83 a	297,59 ± 26,10 a	342,75 ± 102,84 a	825,40 ± 127,22 a

Letras individuales en sentido vertical representan diferencias estadísticamente significativas medido con una prueba de comparación de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Como se muestra en el Cuadro 8 no se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, muestra que el etanal no afecta ninguna de las fracciones de polisacáridos estudiadas.

## Evaluación Sensorial.

A continuación se presentan los resultados del análisis sensorial, fase olfativa y fase gustativa respectivamente. La evaluación sensorial se realizó con escalas de 0-15, 0 para menor presencia del atributo y 15 a mayor presencia del atributo, como se muestra en el Anexo 1.

### Fase olfativa

Cuadro 9. Variables olfativas en los vinos tratados con diferentes concentraciones de etanal.

Tratamiento	Frutos rojos	Herbáceo	Especiado	Etanal
T0	8,07 ± 3,04 b	3,58 ± 2,31 a	4,95 ± 2,89 a	4,85 ± 3,37 a
T1	5,26 ± 2,23 a	5,21 ± 3,25 a	4,86 ± 2,71 a	5,36 ± 2,95 a
T2	7,24 ± 3,54 ab	3,98 ± 3,11 a	5,50 ± 2,70 a	6,24 ± 3,37 a
T3	5,75 ± 2,55 ab	4,80 ± 3,64 a	5,04 ± 2,93 a	7,03 ± 2,92 a

Medias unidas por una misma letra en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas, a una prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Si bien el análisis de etanal descrito en el Cuadro 7 muestra diferencias significativas en las concentraciones de los distintos tratamientos, éstas no superaron los umbrales de percepción (Nykanen, 1986). También se puede apreciar en el Cuadro 9 que no se encontraron diferencias significativas en la fase olfatoria específica de la variable etanal.

### Fase gustativa

Cuadro 10. Variables gustativas en los vinos tratados con diferentes concentraciones de etanal.

Tratamiento	Acidez	Amargor	Cuerpo	Astringencia	Persistencia
T0	5,55 ± 3,03 a	5,08 ± 2,44 a	3,83 ± 2,21 a	4,65 ± 3,55 a	5,78 ± 2,90 a
T1	5,06 ± 3,12 a	4,26 ± 2,54 a	3,95 ± 2,57 a	4,28 ± 2,69 a	6,23 ± 3,05 a
T2	6,24 ± 2,95 a	5,20 ± 3,02 a	4,38 ± 2,72 a	4,83 ± 3,36 a	6,54 ± 3,09 a
T3	6,55 ± 3,16 a	5,11 ± 2,73 a	5,11 ± 1,92 a	4,44 ± 3,28 a	6,76 ± 2,94 a

Medias unidas por una misma letra en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas, a una prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Como se aprecia tanto en los Cuadros 9 y 10 que fueron los resultados de los análisis estadísticos basados en la evaluación sensorial, no se muestran diferencias significativas, lo cual muestra que el etanal adicionado no interfirió en las percepciones sensoriales.

### Perfil aromático de las muestras por Cromatografía de Gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).

A continuación, se presentan los resultados del análisis de compuestos aromáticos analizados por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), habiendo sido obtenidos los compuestos desde el espacio de cabeza de los viales donde estaban las muestras, por la técnica de microextracción en fase sólida (MEFS). Estos se presentan separados en las diferentes familias aromáticas, no habiéndose considerado en la cuantificación ni el acetaldehído, ni el ácido acético Figura 1.

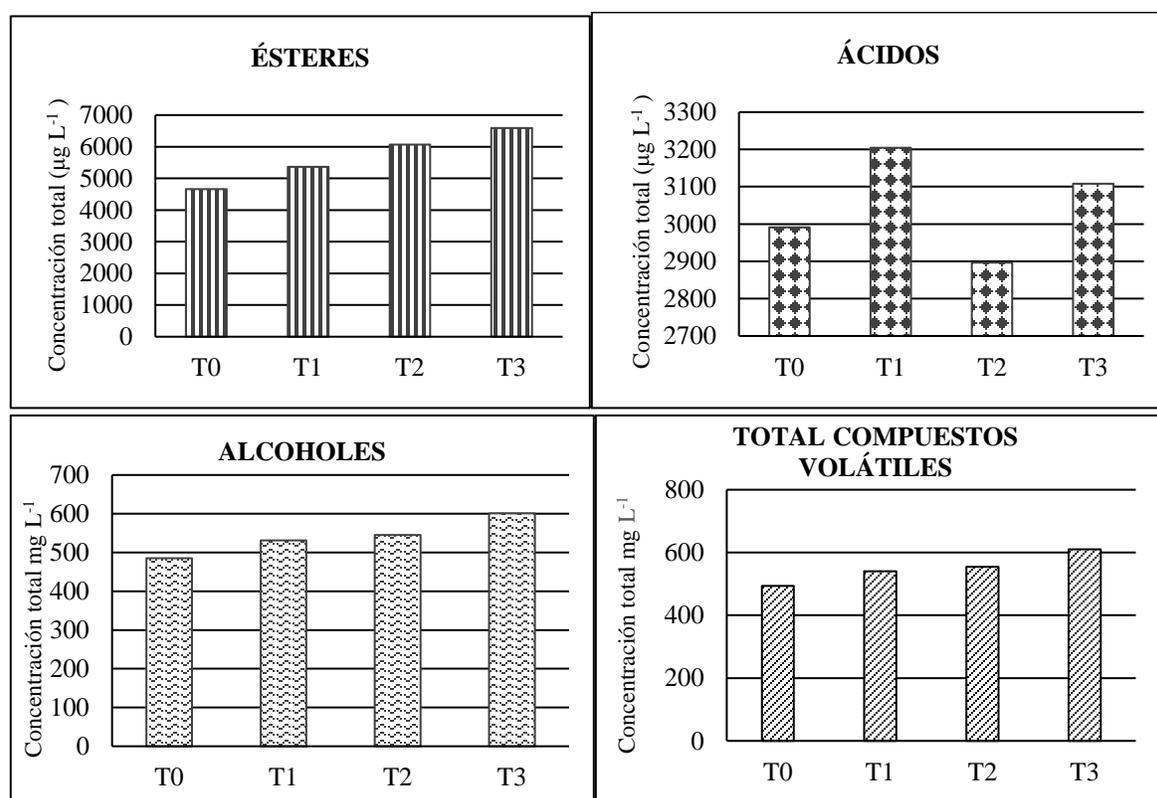


Figura 1. Concentraciones de las distintas familias aromáticas, correspondientes a cada familia aromática y sumatoria total de ellos.

En los vinos objeto de estudio se determinaron un total de 26 compuestos volátiles, de los cuales 14 correspondieron a ésteres, 7 a alcoholes, 3 a ácidos, identificando además una lactona y un terpeno. Desde el punto de vista cuantitativo, el grupo mayoritario fue el de los alcoholes seguido por el de los ácidos y finalmente ésteres. Los compuestos detectados provienen de la fermentación y la materia prima (uva) dado que los vinos estudiados no

tuvieron tiempo de crianza. Como se muestra en la Figura 1, los ésteres, alcoholes y el contenido total, presenta una tendencia al alza en la medida que la dosis de etanal adicionada aumenta. En relación a los ésteres y alcoholes, el tratamiento 3 aumentó la concentración de dichos compuestos respecto al testigo en un 41 y 24 %, respectivamente. En cuanto a los compuestos volátiles totales el aumento fue de 23,75%. Lo antes expuesto dejaría en evidencia que el etanal tiene un efecto en el proceso fermentativo y la liberación de compuestos aromáticos. Este efecto se coincide con lo demostrado por Aleixandre-Tudo *et al.* (2016), quienes concluyeron en un estudio de adición de etanal al inicio del proceso fermentativo de vinos del cv. Tempranillo, que el etanal tiene efecto positivo sobre la concentración de compuestos volátiles de los vinos finales. Si bien en la Figura 1 no se apreciaron diferencias significativas, se puede observar que en general aunque el contenido total de compuestos aromáticos aumenta con la adición de etanal, no todas las familias aromáticas presentan el mismo comportamiento, siendo muy errático en el caso de los ácidos.

Cuadro 11. Resultado del análisis de perfil aromático por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).

		<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	
<b>ÉSTERES</b>	Butanoato de etilo	210,62	234,05	297,60	334,48	ns
	Etil 2 metilbutanoato	12,27	16,39	12,71	11,70	ns
	Acetato de isoamilo	3208,86 a	3539,94 ab	3799,27 b	4187,26 c	**
	Hexanoato de etilo	265,11 a	271,77 a	344,61 b	396,75 c	**
	Heptanoato de etilo	11,82	12,10	13,37	18,34	ns
	Octanoato de etilo	278,46	303,94	372,56	436,87	ns
	Nonanoato de etilo	14,43	15,41	19,59	21,90	ns
	Decanoato de etilo	57,74 a	79,37 b	87,83 b	124,97 c	**
	Pentil octanoato	24,73	30,24	28,68	40,84	ns
	Succinato de etilo	8,76	10,54	12,06	15,23	ns
	<i>Trans</i> -4decanoato de etilo	5,91	8,68	6,29	10,19	ns
	Dodecanoato de etilo	37,99	60,43	55,61	130,75	ns
	Acetato de 2 Feniletilo	507,35 a	752,91 b	815,57 bc	980,61 c	**
	Hexadecanoato de etilo	18,59	24,54	33,89	46,12	ns
<b>ÁCIDOS</b>	Ácido 2-metil hexanoico	1410,93	1531,38	1237,29	1441,98	ns
	Ácido hexanoico	1241,12	1201,59	1231,90	1214,27	ns
	Ácido octanoico	339,39 a	471,22 b	427,22 ab	451,47 b	**

Continuación Cuadro 11.

<b>ALCOHOL</b>	2,3-Butanediol	1268,31	1048,25	1194,71	2022,67	ns
	Hexanol	2030,84	2283,65	1688,08	2124,03	ns
	Butanol <sup>Ψ</sup>	11,36	11,90	18,71	15,53	ns
	Isobutanol <sup>Ψ</sup>	95,93	97,91	97,56	109,30	ns
	2- feniletanol <sup>Ψ</sup>	110,24	129,40	131,03	134,34	ns
	3-metil-1-Butanol <sup>Ψ</sup>	264,69	288,88	295,28	337,31	ns
	3-metil-1-Pentanol	240,47	262,70	258,98	251,56	ns
<b>LACTONAS</b>	β Damascenona	3,48	4,01	3,04	3,35	ns
<b>TERPENOS</b>	Citronellol	5,18	6,04	4,27	4,05	ns

Letras individuales o unidas en sentido horizontal representan diferencias estadísticamente significativas, mediante una prueba de comparación de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Dentro del grupo de los ésteres, el tratamiento con etanal produjo diferencias significativas en 4 compuestos. Entre ellos el acetato de isoamilo (aroma a plátano) y el hexanoato de etilo (aroma a frutilla/piña) aportan notas frutales al aroma global del vino (Culleré *et al.*, 2004). Por otra parte, la adición de etanal produjo diferencias significativas en otros dos compuestos volátiles con aroma floral: decanoato de etilo y acetato de 2 feniletilo (rosas) (Campo *et al.*, 2006). En estos 4 casos la tendencia fue la misma, es decir que a mayor dosis aplicada de etanal, la concentración de estos compuestos detectada en el vino fue mayor. Los umbrales de percepción sensorial de estos compuestos en vinos tintos es de  $30 \mu\text{g L}^{-1}$  para el acetato de isoamilo,  $14 \mu\text{g L}^{-1}$  para el hexanoato de etilo,  $200 \mu\text{g L}^{-1}$  para el decanoato de etilo y  $250 \mu\text{g L}^{-1}$  para el acetato de 2 feniletilo (Ferreira *et al.*, 2000). Al observar estos valores, es posible apreciar que en las muestras estudiadas superan los umbrales sensoriales descritos.

Por otra parte, respecto al grupo de los ácidos volátiles, es importante señalar que la adición de etanal afectó únicamente la concentración de ácido octanoico (queso/sudor/grasa/jabonoso) (Culleré *et al.*, 2004). Dicho compuesto tiene un umbral de percepción sensorial en vinos tintos de  $500 \mu\text{g L}^{-1}$  (Ferreira *et al.*, 2000).

Finalmente, aunque ninguno de los alcoholes se vio afectado tras la adición de etanal de manera significativa desde el punto de vista estadístico, sí que se pudo observar que al añadir este aldehído, la concentración de 2 feniletanol, uno de los alcoholes mayoritarios en el vino,

---

<sup>Ψ</sup> Los compuestos señalados están en unidades de  $\text{mg L}^{-1}$ .

incrementó. Este compuesto tiene un aroma característico a rosas/miel (Culleré *et al.*, 2004) y es uno de los principales en toda matriz vínica. Según Coetzee *et al.*, (2012), la explicación del aumento de estos compuestos se debería a la alta atracción que tendría el etanal con el  $\text{SO}_2$ , dejando éste menos disponible en la protección del medio fermentativo provocando que la microbiota natural presente en las uvas en el momento de la cosecha y fermentación, compita más con la levadura inoculada, influyendo por tanto en la producción de compuestos volátiles del vino.

## CONCLUSIÓN

En el presente trabajo es posible concluir que la adición creciente de concentración de etanal en la fermentación alcohólica aumenta la estabilidad colorante, aumentando principalmente las variables de porcentajes de pigmentos poliméricos e intensidad colorante, sin afectar la percepción de astringencia. Por lo antes expuesto se cumpliría solo parcialmente la hipótesis planteada en este trabajo.

A modo de comentario final es interesante señalar que, si bien la fracción volátil no era parte del objetivo o hipótesis del trabajo, las evidencias anteriormente mostradas señalan que, el etanal en el proceso fermentativo efectivamente modifica las concentraciones de las distintas familias aromáticas, lo cual es interesante considerar, pensando en estudios a futuros.

## BIBLIOGRAFÍA

- Araya, D. 2016. Efecto de la microoxigenación y nanoxigenación sobre las fracciones flavánicas y polisacáridicas del cv. Syrah. Memoria de título Ingeniero agrónomo. Santiago, Chile. Facultad de ciencias agronómicas, Universidad de Chile. 8p.
- Ayestarán, B.; Z. Guadalupe; and D. León. 2004. Quantification of major grape polysaccharides (Tempranillo) released by maceration enzymes during the fermentation process. *Analytica Chimica Acta*, 513(1): 29-39.
- Beutler, O. H. 1988. Acetaldehyde In Methods of Enzymatic Analysis. (Bergmeyer, H. U. ed.) 3rd ed. Vol VI pp 601-613 VCH Publishers (UK) Ltd., Cambridge, UK.
- Bordeau, E. y J. Scarpa. 1998. Análisis químico del vino. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile. 253p
- Boulton, R. B. 1996. Methods for the assessment of copigmentation in red wines. In: Annual Meeting of the American Society for Enology and Viticulture (47, 26-28 June, Reno, Nevada). American Society for Enology and Viticulture (Ed.). Reno, Nevada: ASEV. s.p.
- Boulton, R. B. 2001. The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: a critical review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52: 67-87.
- Campo, E.; V. Ferreira, A. Escudero, J.C. Marqués and J. Cacho. 2006. Quantitative gas chromatography–olfactometry and chemical quantitative study of the aroma of four Madeira wines. *ELSEVIER, Analytica Chimica Acta* 563:180–187
- Casassa, F. Y S. Sari. 2007, may-Jun. Aplicación del sistema CIE-LAB a los vinos tintos. Correlación con algunos parámetros tradicionales. *Vendimia*, 5: 1-15
- CIE (Comisión Internationale de L'Éclairage), Austria. 1986. CIE Publication No. 15.2: Colorimetry. 2nd. ed. Viena, Austria: Central Bureau of the Commission Internationale de L'Ectarge. 74p.
- Cheynier V.; M. Moutounet and P. Sarni-Manchado. 2000. Los compuestos fenólicos (cap. 4., pp.114-136). En: C. Flanzy (ed.). Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos. Madrid, España: Mundiprensa. 797p.
- Coetzee, Carien; K. Lisjak; L. Nicolau; P. Kilmartinc and W. J. du Toita. (2013). Oxygen and sulfur dioxide additions to Sauvignon blanc must: effect on must and wine composition. *Flavour and Fragrance Journal*, (18): 155-167.

Culleré, L.; A. Escudero, J. Cacho and V. Ferreira. 2004. Gas Chromatography–Olfactometry and Chemical Quantitative Study of the Aroma of Six Premium Quality Spanish Aged Red Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 1653-1660

Danilewicz, J. C. 2003. Review of reaction mechanisms of oxygen and proposed intermediate reduction products in wine: Central role of iron and copper. *American Journal of Enology and Viticulture*, 54(2): 73–85.

Decreto N° 209. Fija Valores de toxicidad de las sustancias para efectos del reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos. Santiago, Chile: Ministerio de Salud, 2005. 13p. [Publicada en Diario Oficial el: 15 de Marzo de 2006].

Ebeler, S.E. and Spaulding, R.S. 1999. Characterization and measurement of aldehydes in wine. *Chemistry of Wine Flavor*. pp. 166-179.

Ferreira, V.; R. López; and J. F. Cacho. 2000. Quantitative determination of the odorants of young red wines from different grape varieties. *Journal of the Science and Food and Agricultural*.80: 1659-1667.

García-Barceló, J. 1990. Técnicas analíticas para vinos. Barcelona, España: GAB. 300 p.

Hemminki, K. and Suni, R. (1984) Sites of reaction of glutaraldehyde and acetaldehyde with nucleosides. *Arch Toxicol* 55, 186–190.

Jackowetz, J. N., Dierschke, S. E. and Mira de Orduña, R. (2011) Multifactorial analysis of acetaldehyde kinetics during alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Res Int* ; 44: 310-6.

Kennedy, J. 2008, abr. Grape and wine phenolics: Observations and recent findings. *Ciencia e Investigación Agraria*, 35(2): 107-120.

Llaudy, M. del C.; R. Canals; S. González-Manzano; J.M. Canals; C. Santos-Buelga and F. Zamora. 2006. Influence of micro-oxygenation treatment before oak aging on phenolic compounds composition, astringency, and color of red wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 4246–4252.

Li, E. and Mira de Orduña, R. (2010) Evaluation of the acetaldehyde production and degradation potential of 26 enological *Saccharomyces* and non- *Saccharomyces* yeast strains in a resting cell model system. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 2010 (16 Dec): 1-8.

Mazza, G. 1995. Anthocyanins in grapes and grape products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34 (4): 341-371.

McRae, Jacqui M.; R. J. Falconer and J. A. Kennedy. 2010, Nov. Thermodynamics of Grape and Wine Tannin Interaction with Polyproline: Implications for Red Wine Astringency. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(23): 12510-12518.

Mercurio, M.; R. Damberg; M. Herderich and P. Smith, 2007. High throughput analysis of red wine and grape phenolics – adaptation and validation of methylcellulose precipitable tannin assay and modified somers color assay to a rapid 96 well plate format. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(12): 4651 – 4657.

Narváez, J. 2010. Comparación de tres métodos de medición de taninos totales y su relación con la astringencia y el amargor percibidos por un panel percibidos por un panel de degustación especializado. Tesis de Ingeniero Agrónomo y Magister en Enología y Vitivinicultura. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 117p.

Noble, A. C. 1994. Bitterness in wine. *Physiology & Behavior* 56 (6): 1251-1255.

Nykanen, L. (1986) Formation and occurrence of flavor compounds in wine and distilled alcoholic beverages. *Am. J. Enol. Vitic.* 37, 84-96.

Osborne, J.P., Dubé Morneau, A. and Mira de Orduña, R. (2006), Degradation of free and sulfur-dioxide-bound acetaldehyde by malolactic lactic acid bacteria in white wine. *Journal of Applied Microbiology*, 101: 474–479

Peña-Neira, A.; A. Cáceres and C. Pastenes. 2007. Low molecular weight phenolic and anthocyanin composition of grape skins from cv. Syrah (*Vitis vinifera* L.) in the Maipo Valley (Chile): Effect of clusters thinning and vineyard yield. *Food Science and Technology International*, 13(2):153 – 158.

Robinson J. 2006. The Oxford Companion to Wine. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press. 840p.

SAG (Servicio Agrícola y Ganadero), Chile. 2014. Viñas y vinos. [en línea]. Santiago, Chile: SAG. Recuperado en: <[http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/vinas-y-vinos/83/publicaciones?field\\_tema\\_otros\\_documentos\\_tid=All&field\\_tipo\\_de\\_publicacion\\_tid=All&title=&field\\_fecha\\_otros\\_value%5Bvalue%5D=&items\\_per\\_page=15&order=field\\_fecha\\_otros&sort=desc](http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/vinas-y-vinos/83/publicaciones?field_tema_otros_documentos_tid=All&field_tipo_de_publicacion_tid=All&title=&field_fecha_otros_value%5Bvalue%5D=&items_per_page=15&order=field_fecha_otros&sort=desc)> Consultado el: 03 de noviembre de 2015.

Salinas, D. 2012. Efecto del uso de lisozima sobre las características químicas, físicas y sensoriales de un vino Carménère sometido a guarda con uso de microoxigenación. Tesis Magíster en Enología y Vitivinicultura. Santiago, Chile: Universidad de Chile. 50h.

Sheridan, M. K. and Elias, R. J. 2015. Exogenous acetaldehyde as a tool for modulating wine color and astringency during fermentation. *Food Chemistry*, 177: 17-22.

Silva, R. 2008. Caracterización de un vino cv. Cabernet sauvignon envejecido en barricas de roble americano y frances tostadas por dos metodos. Memoria Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Universidad de Chile. 71h.

Aleixandre Tudo, J. L.; V. Lizama; I. Álvarez; H. Nieuwoudt; M.J. García; J.L. Aleixandre y W.J. du Toit 2016. Effect of acetaldehyde addition on the phenolic substances and volatile compounds of red Tempranillo wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, (22): 205-214.

Tuma, D.J. and Sorrell, M.F. (1985) Covalent binding of acetaldehyde to hepatic proteins: role in alcoholic liver injury. *Prog Clin Biol Res* 183, 3–17.

Úbeda, C.; R. del Barrio Galán; A. Peña Neira; M. Medel Marabolí y E. Durán Guerrero. 2017. Location Effects on the Aromatic Composition of 2 Monovarietal cv. Carignan Wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, pp 1-28.

Zamora F. 2003. Elaboración y crianza del vino tinto; Aspectos científicos y prácticos. Madrid, España: AMV Ediciones y Mundiprensa. 225p.

## ANEXO

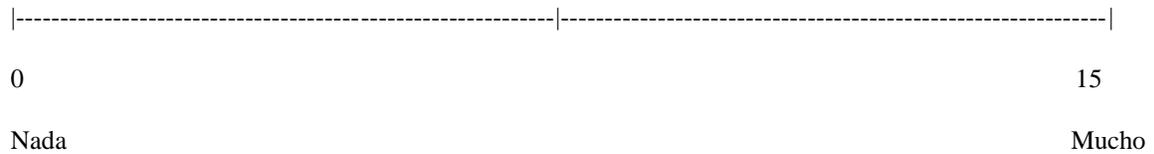
### Anexo 1

#### PAUTA DE ANÁLISIS DE PANEL ENTRENADO

Nombre:

Muestra N° \_\_\_\_\_

Por favor indique con una **línea vertical** sobre la horizontal, el punto que mejor describa el atributo de la muestra, basándose en el siguiente diagrama:

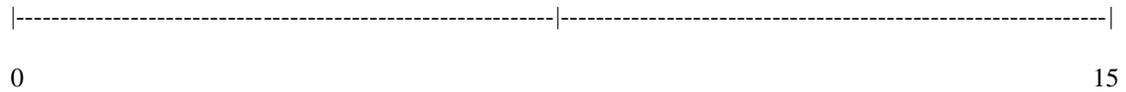


#### OLFATIVA

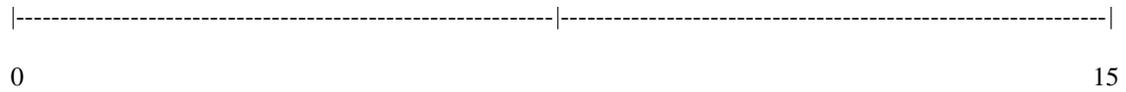
##### INTENSIDAD



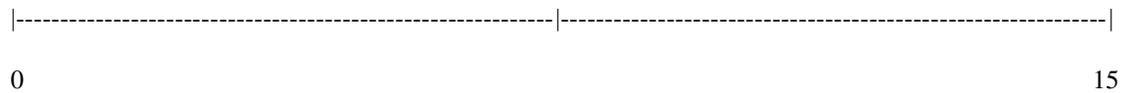
##### AROMA a FRUTOS ROJOS



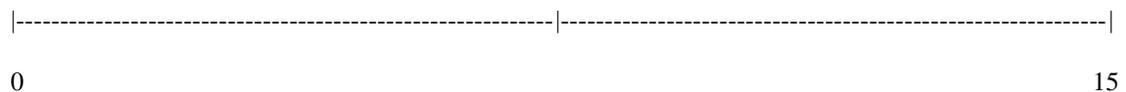
##### AROMA a HERBACEO



##### AROMA a ESPECIADO

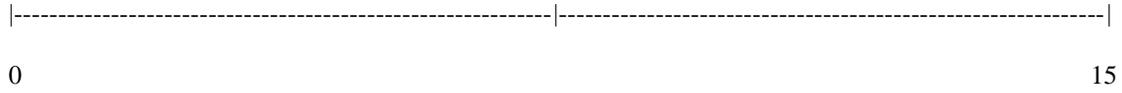


##### AROMA a ETANAL

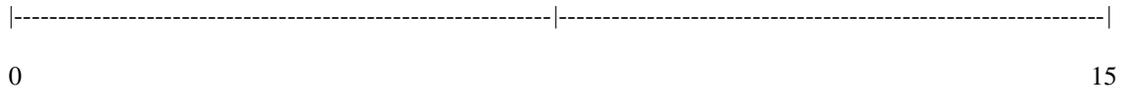


**GUSTATIVA**

ACIDEZ



CUERPO



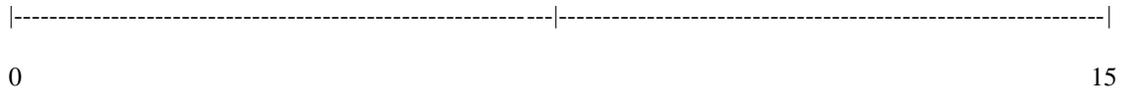
ASTRINGENCIA



AMARGOR



PERSISTENCIA



OBSERVACIONES:.....