



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ESTUDIO FÍSICOQUÍMICO Y SENSORIAL DE UN VINO TINTO MEXICANO
VARIEDAD MERLOT AÑEJADO EN BARRICA VS CHIPS DE MADERA

T E S I S

Para obtener el grado de
Doctora en Biotecnología

PRESENTA

M. en B. Josefa Espitia López

DIRECTOR

Dr. José Ramón Verde Calvo

***El Doctorado en Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana
está incluida en el Padrón Nacional de Posgrado del CONACyT y además
cuenta con apoyo del mismo Consejo, con el No. De registro 001466.***

México D.F. a 23 de Enero del 2015

El jurado designado por la
División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis

ESTUDIO FISICOQUÍMICO Y SENSORIAL DE UN VINO TINTO MEXICANO VARIEDAD MERLOT AÑEJADO
EN BARRICA VS CHIPS DE MADERA

Que presentó:

M. en B. Josefa Espitia López

Comité Tutorial

Director: Dr. José Ramón Verde Calvo
Universidad Autónoma Metropolitana

Asesor: Dr. Héctor Bernardo Escalona Buendía
Universidad Autónoma Metropolitana

Asesor: Dr. Héctor Manuel Luna Contla
Universidad Autónoma Metropolitana

Jurado

Presidente: Dra. Clara Pelayo Zaldivar
Universidad Autónoma Metropolitana

Secretario: Dr. Héctor Manuel Luna Contla
Universidad Autónoma Metropolitana

Vocal: Dr. Héctor Bernardo Escalona Buendía
Universidad Autónoma Metropolitana

Vocal: Dra. Patricia Severiano Pérez
Universidad Nacional Autónoma de México



Agradecimientos

Primeramente quiero agradecer a mi director de tesis el Dr. José Ramón Verde, por su ayuda, consejos incondicional apoyo, también un muy especial agradecimiento al Dr. Héctor Bernardo Escalona, por su tiempo y absoluto compromiso durante estos años.

Asimismo agradezco al Dr. Héctor Manuel Luna por la asistencia y colaboración con este proyecto, gracias igualmente a la Dra. Clara Pelayo por el refuerzo durante toda mi formación de posgrado y sus puntuales observaciones; de la misma forma gracias a la Mtra. Frida Malpica por sus lecciones y valiosa colaboración durante este tiempo, además agradezco al Dr. Daniel Méndez y a la Dra. Patricia Severiano por sus acertadas y excelentes sugerencias para el proyecto.

Gracias al Posgrado en Biotecnología por el apoyo y la enorme oportunidad de pertenecer a él, gracias también a CONACYT por la beca (No. 234694) y los estímulos, por su puesto gracias a la Universidad Autónoma Metropolitana "IN CALLI IXCAHUICOPA".

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres Virginia López y Víctor Espitia, su amor infinito y gran apoyo me ayudaron a estar aquí, gracias a mis hermanos Aide Geisel y Víctor León por estar siempre conmigo y ser mi inspiración, gracias familia los amo mucho.

También dedico este trabajo a Paul Misael, debí hacer algo muy bueno en mi vida pasada para conocerte ahora... te amo con toda mi alma.

Asimismo este trabajo está dedicado a mis colegas, compañeros de laboratorio y grupo de investigación; de igual manera dedico este trabajo a mis amigos, gracias por ser parte de mi historia.

Resumen

La finalidad del estudio fue identificar y cuantificar los diversos compuestos fenólicos y volátiles presentes en un vino tinto mexicano Merlot añejado durante seis meses en barrica vs chips de madera, ambos de roble francés y tostado intenso; así como realizar un estudio descriptivo sensorial y un estudio diferencial sensorial del vino después de ambos procesos de añejamiento. La hipótesis central planteada fue la siguiente: “La concentración de compuestos fenólicos y volátiles será mayor en el vino añejado con chips de madera respecto al vino añejado en barricas, dando como resultado diferentes características sensoriales”.

El vino fue hecho en el viñedo Paralelo ubicado en Baja California México, se tomaron muestras en los meses: 0, 1, 2, 3 y 6, durante ambos tipos de añejamiento (en barrica y con chips). El análisis de los compuestos fenólicos y volátiles se llevó mediante ANOVA y ACP, mientras que en los resultados sensoriales se hizo por ANOVA, ACP, gráficas de araña y prueba triangular.

Se identificaron y cuantificaron 6 compuestos volátiles y 11 compuestos fenólicos; mientras que en los descriptores sensoriales del vino se generaron 23. Se encontraron diferencias sensoriales sólo en los vinos añejados después de 2 y 6 meses en barricas vs chips.

Por lo que respecta al añejamiento del vino tinto mexicano Merlot, los resultados señalan que se puede llegar a obtener resultados similares con ambos tipos de añejamiento (en barrica y con chips) durante tiempos específicos, por lo que se requieren más estudios para conocer el comportamiento del vino durante el proceso de añejamiento con chips.

Palabras clave:

Vino tinto, Merlot, barrica, chips, sensorial, ACP, compuestos fenólicos, compuestos volátiles

Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. Marco teórico..... | 1 |
| 1.1. Proceso de elaboración del vino..... | 1 |
| 1.2. Atributos sensoriales del vino tinto..... | 11 |
| 1.3. Añejamiento del vino tinto..... | 15 |
| 2. Antecedentes..... | 24 |
| 2.1. Añejamiento con chips de madera..... | 24 |
| 2.2. Vino mexicano..... | 25 |
| 2.3. Casa de Piedra (Viñedo)..... | 27 |
| 3. Hipótesis..... | 29 |
| 4. Objetivos..... | 29 |
| 4.1. General..... | 29 |
| 4.2. Particulares..... | 29 |
| 5. Metodología..... | 30 |
| 5.1. Diseño experimental..... | 30 |
| 5.2. Vino empleado para la experimentación..... | 32 |
| 5.2.1. Pruebas fisicoquímicas..... | 34 |
| 5.3. Técnicas analíticas..... | 38 |
| 5.3.1. Separación y caracterización de compuestos..... | 38 |
| 5.3.1.1. Compuestos fenólicos..... | 38 |
| 5.3.1.2. Compuestos volátiles..... | 38 |
| 5.3.1.3. Compuestos extraíbles de la madera..... | 40 |
| 5.3.2. Análisis sensorial..... | 41 |
| 5.3.2.1. Reclutamiento y selección de jueces..... | 41 |
| 5.3.2.2. Análisis Cuantitativo Descriptivo (QDA)..... | 45 |
| 5.3.2.3. Prueba Discriminativa Triangular..... | 46 |
| 5.3.3. Análisis de Datos (Quimiometría)..... | 46 |
| 6. Resultados y discusión..... | 47 |

| | |
|---|-----------|
| 6.1. Vinificación..... | 47 |
| 6.1.1. Pruebas fisicoquímicas..... | 47 |
| 6.2. Tostado de los chips..... | 49 |
| 6.3. Separación y caracterización de compuestos..... | 50 |
| 6.3.1. Compuestos fenólicos..... | 50 |
| 6.3.2. Compuestos volátiles..... | 56 |
| 6.3.3. Compuestos extraíbles de la madera..... | 60 |
| 6.4. Análisis sensorial..... | 62 |
| 6.4.1. Reclutamiento y selección de jueces..... | 63 |
| 6.4.2 Prueba triangular de entrenamiento..... | 66 |
| 6.5. Análisis cuantitativo descriptivo (QDA)..... | 68 |
| 6.6. Prueba triangular..... | 74 |
| 7. Conclusiones..... | 75 |
| 8. Bibliografía..... | 76 |
| 9. Anexos..... | 82 |

Índice de Figuras y Gráficas

| | |
|--|----|
| Figura 1.1.1. Vendimia..... | 2 |
| Figura 1.1.2. Recepción de la uva..... | 2 |
| Figura 1.1.3. Estrujadora..... | 3 |
| Figura 1.1.4. Prensa de vino..... | 4 |
| Figura 1.1.5. Bomba de rodetes helicoidales..... | 5 |
| Figura 1.1.6. Intercambiador de calor tubular..... | 6 |
| Figura 1.1.7. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 8 |
| Figura 1.1.8. Maceración..... | 8 |
| Figura 1.1.9. Embotelladora de vino..... | 11 |
| Figura 1.2. Catadores de vino para el análisis sensorial..... | 14 |
| Figura 1.3.1. Reacciones típicas del añejamiento del vino dentro de la barrica y en la interfase vino-barrica (Flanzy, 2003)..... | 15 |
| Figura 1.3.1. Cinética de extracción de Vainilla de una barrica mediante una solución estándar. (Spillman <i>et al.</i> , 1998)..... | 18 |
| Figura 1.3.2. Reacciones de las antocianinas para formar pigmentos de bajo peso molecular..... | 19 |
| Figura 1.3.3. Representación gráfica de los polifenoles en la madera (Flanzy, 2003)..... | 23 |
| Figura 1.3.4. Principio de la oxidación de taninos hidrolizables acoplada (Álvarez, 2007)..... | 23 |
| Figura 2.2.1. Chips de madera en contenedores de vino tinto..... | 24 |
| Figura 2.1.2. Diferentes formas de madera de roble para el uso de añejamiento del vino tinto..... | 25 |
| Figura 2.2.1. Localización de la franja del vino..... | 26 |
| Figura 2.3.1. Hugo D'Acosta, enólogo experto de los viñedos Casa de Piedra y Paralelo..... | 27 |
| Figura 2.3.2. Vinícola Paralelo..... | 27 |
| Figura 5.1.1. Cava de viñedo Paralelo..... | 30 |

| | |
|---|----|
| Figura 5.1.2. Acondicionamiento del vino y toma de muestras..... | 31 |
| Figura 5.1.3. Botellas verdes de vidrio donde se colocó el vino con los chips de madera..... | 31 |
| Figura 5.2. Diagrama del proceso de vinificación..... | 33 |
| Figura 5.3.1.2.1. Proceso de microextracción en fase sólida (SPME) acoplada a la técnica de espacio de cabeza..... | 39 |
| Figura 5.3.1.2.2. SPME SIGMA ALDRICH TM, de color gris (50/30µm) de Divinilbenceno/Carboxeno sobre Polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS)..... | 39 |
| Figura 5.3.2.1.1. Copa con las especificaciones oficiales para la técnica de cata de vino..... | 43 |
| Figura 5.3.2.1.2. El primer contacto olfativo con el vino..... | 43 |
| Figura 5.3.2.1.3. Movimiento de rotación que el catador hace por el pie de la copa para oxigenar el vino..... | 44 |
| Figura 5.3.2.1.4. El catador vuelve a introducir la nariz en la copa, sin agitarla, luego de que permanece reposo en la mesa..... | 44 |
| Figura 6.1.1. Equilibrios en los que está involucrado el SO ₂ en los vinos (Reyes <i>et al.</i> , 1992)..... | 48 |
| Figura 6.2.1. Chips de madera para añejamiento de vino antes del tratamiento de tostado intenso..... | 49 |
| Figura 6.2.2. Chips de madera para añejamiento de vino después del tratamiento de tostado intenso..... | 49 |
| Figura 6.3. Cromatograma obtenido para la identificación y cuantificación de los compuestos fenólicos..... | 52 |
| Figura 6.3.1. Representación de las muestras en el diagrama de puntuaciones en el plano definido por CP1 y CP2 de los compuestos fenólicos identificados y cuantificados. Sin Madera (SM), 1 Mes con Barrica (1MB), 2 Meses con Barrica (2MB), 3 Meses con Barrica (3MB), 6 Meses con Barrica (6MB), 1Mes con Chips (1MC), 2 Meses con Chips (2MC), 3 Meses con Chips (3MC), 6 Meses con Chips (6MC)..... | 52 |
| Figura 6.3.1.1. Modelo de la molécula de la lignina y sus principales grupos funcionales..... | 54 |

| | |
|---|----|
| Figura 6.3.1.2. Concentraciones (mg/L) del (A) ácido siríngico y de la (B) vainillina en un vino tinto Merlot añejado durante 0, 1, 2, 3, y 6 meses con chips y en barrica..... | 55 |
| Figura 6.3.2.1. Cromatograma de los compuestos volátiles del vino tinto Merlot obtenido por la técnica estandarizada de SPME..... | 57 |
| Figura 6.3.2.2. Representación de las muestras en el diagrama de puntuaciones en el plano definido por CP1 y CP4 de los compuestos volátiles identificados y cuantificados. Sin Madera (SM), 1 Mes con Barrica (1MB), 2 Meses con Barrica (2MB), 3 Meses con Barrica (3MB), 6 Meses con Barrica (6MB), 1Mes con Chips (1MC), 2 Meses con Chips (2MC), 3 Meses con Chips (3MC), 6 Meses con Chips (6MC)..... | 59 |
| Figura 6.3.2.3. Distribución de muestras en el plano de los dos primeros componentes principales (Morales <i>et al.</i> , 2004)..... | 60 |
| Gráfica 6.4.1.1. Identificación de sensaciones reconocidas en las pruebas de discriminación para la selección de jueces sensoriales..... | 64 |
| Gráfica 6.4.1.2. Resultados en la identificación de sensaciones en las pruebas de discriminación para la selección de jueces sensoriales..... | 64 |
| Gráfica 6.4.1.3. Resultados de la prueba de umbral de aroma del caproato de etilo, en la selección de jueces sensoriales..... | 65 |
| Gráfica 6.4.2.1. Ensayo de la prueba triangular discriminativa utilizando vinos mexicanos Merlot añejados en barrica francesa..... | 67 |
| Gráfica 6.4.2.2. Ensayo del grado de diferenciación de la prueba triangular discriminativa utilizando vinos mexicanos Merlot añejados en barrica francesa..... | 67 |
| Gráfica 6.4.1.4. Promedios de las intensidades del descriptivo Intensidad en Nariz del vino tinto Merlot añejado de 0 a 6 meses con Chips y en Barrica..... | 68 |
| Gráfica 6.4.1.4.1. Concentración de elagitaninos presentes en el vino tinto: durante el añejamiento con chips de roble francés (Jourdes <i>et al.</i> , 2011)..... | 69 |
| Figura 6.4.1.5. Análisis de Componentes Principales de los descriptores en boca del vino tinto Merlot añejado de 0 a 6 meses con Chips y en Barrica..... | 70 |
| Figura 6.4.1.6. Análisis de Componentes Principales de los descriptores de aromas del vino tinto Merlot añejado durante 0, 1, 2, 3, y 6 meses con Chips y en Barrica..... | 73 |

| | |
|---|----|
| Gráfica 6.4.1.7. Prueba discriminativa triangular del vino tinto Merlot añejado a 1, 2, 3 y 6 meses con Chips y en Barrica..... | 74 |
|---|----|

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1.3.1. Reacciones relevantes de compuestos del vino tinto que suceden en el añejamiento en barrica..... | 17 |
| Tabla 1.3.2. Estructuras químicas de los diversos compuestos extraíbles de la barrica a partir de soluciones hidroalcohólicas..... | 20 |
| Tabla 1.3.3. Estructura y umbral de olor de la vainillina y el eugenol..... | 22 |
| Tabla 5.1.1. Período de muestreo, para los análisis del vino añejado..... | 30 |
| Tabla 5.3.2.1.1. Concentraciones supra umbral de los estándares utilizados en la prueba de sensibilidad..... | 41 |
| Tabla 5.3.2.1.2. Concentraciones de caproato de etilo para la prueba de umbral de olor..... | 42 |
| Tabla 6.1.1. Resultados de las pruebas fisicoquímicas del vino tinto Merlot sin añejamiento en madera (promedio por triplicado)..... | 49 |
| Tabla 6.2. Peso de los chips de madera antes y después del proceso de tostado..... | 49 |
| Tabla 6.3.1. Concentraciones (mg/L) y tiempos de retención de los compuestos fenólicos de un vino tinto Merlot añejado durante 0, 1, 2, 3 y 6 meses, con chips y en barrica .Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos de añejamiento de forma vertical ($\alpha=0,05$) y las minúsculas significativas entre el tiempo de añejamiento de forma horizontal ($\alpha=0,05$)..... | 51 |
| Tabla 6.3.2.1. Concentraciones (mg/L) y tiempos de retención de los compuestos volátiles de un vino tinto Merlot añejado durante 0, 1, 2, 3 y 6 meses, con chips y en barrica. Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos de añejamiento de forma vertical ($\alpha=0,05$) y las minúsculas indican significativas entre el tiempo de añejamiento de forma horizontal ($\alpha=0,05$), *N/P No se presentaron..... | 57 |
| Tabla 6.3.3. Presencia o ausencia y tiempos de retención de los compuestos identificados en la extracción solvente-solvente de un vino tinto Merlot añejado durante 0, 1, 2, 3 y 6 meses, con chips y en barrica..... | 62 |
| Tabla 6.4.1.1. Términos descriptivos acordados que se evaluaron en el vino..... | 66 |

| | |
|---|----|
| Tabla 6.4.1.2. Promedios de las intensidades del descriptivo Intensidad en nariz del vino (letras mayúsculas indican diferencias significativas respecto al proceso de añejamiento con un α de 0.05; las letras minúsculas indican diferencias significativas respecto al tiempo con un α de 0.05)..... | 68 |
| Tabla 6.4.1.5. Promedios de las intensidades de los descriptivos en boca del vino tinto Merlot añejado de 0 a 6 meses con Chips y Barrica (letras mayúsculas indican diferencias significativas respecto al proceso de añejamiento con un α de 0.05; las letras minúsculas indican diferencias significativas respecto al tiempo con un α de 0.05)..... | 69 |
| Tabla 6.4.1.6.1. Promedios de las intensidades de los descriptivos Aromas Frutales del vino tinto Merlot añejado de 0 a 6 meses con Chips y en Barrica (letras mayúsculas indican diferencias significativas respecto al proceso de añejamiento con un α de 0.05; las letras minúsculas indican diferencias significativas respecto al tiempo con un α de 0.05)..... | 72 |
| Tabla 6.4.1.6.2. Promedios de las intensidades de los descriptivos Aromas Vegetales del vino tinto Merlot añejado de 0 a 6 meses con Chips y en Barrica (letras mayúsculas indican diferencias significativas respecto al proceso de añejamiento con un α de 0.05; las letras minúsculas indican diferencias significativas respecto al tiempo con un α de 0.05)..... | 72 |
| Tabla 6.4.1.6.3. Promedios de las intensidades de los descriptivos Aromas Otros del vino tinto Merlot añejado de 0 a 6 meses con Chips y en Barrica (letras mayúsculas indican diferencias significativas respecto al proceso de añejamiento con un α de 0.05; las letras minúsculas indican diferencias significativas respecto al tiempo con un α de 0.05)..... | 72 |

Introducción

La presente investigación aborda el tema de añejamiento de vino tinto, éste puede ser de forma natural (barrica) o de modo forzado (chips de madera), cuando el añejamiento se hace en barrica el vino se coloca en la madera mientras que cuando el añejamiento se realizó con chips la madera se coloca en el vino, de esta manera se optimiza el uso la superficie de la madera.

El uso tradicional de barricas para el añejamiento del vino presenta algunas desventajas como el alto costo, la probable contaminación por reusó de las mismas y la gran cantidad de espacio que ocupan; en los últimos años se han empleado el uso de chips de madera esto se debe a diversas ventajas, entre las cuales se acentúan el uso del área total de la madera, el bajo costo y la rápida extracción de los compuestos presentes en la madera hacia el vino.

El comercio enológico en México va a la alza y con esto la calidad de los vinos es una demanda que necesita ser satisfecha, de esta manera se proponen nuevas alternativas a los procesos de vinificación que disminuyan costos, acorten tiempos de añejamiento y así satisfagan las exigencias de los mercados nacionales e internacionales.

La *Vitis vinífera* variedad Merlot es la segunda uva más importante que impacta en las ventas de vino mexicano, sin embargo casi no existen estudios dirigidos hacia esta importante variedad que va en aumento por su delicado y elegante “sabor”; por otro lado el roble francés (*Quercus petraea*) es el más utilizado para el añejamiento en barrica, esto se debe a las notas “amaderadas” que provee al vino las cuales son consistentes en nariz y boca.

Este estudio surgió de la necesidad de conocer el comportamiento de los compuestos del vino tinto Merlot que tienen una incidencia sensorial cuando es sometido a un tratamiento alternativo del proceso de añejamiento en barrica, está dirigido al sector vitivinícola de México y a consumidores mexicanos, no obstante los resultados obtenidos aportan datos importantes para las tecnologías vitivinícolas en general.

1. Marco teórico

1.1. Proceso de elaboración del vino

Es importante comprender los principios del proceso de vinificación, y entender la naturaleza compleja y bastante compartimentalizada de la uva con respecto a las diversas operaciones que están implicadas, se le llama vinificación al proceso que conduce a la transformación de la uva en vino.

En México se producen vinos tintos de mesa varietales, en los que se utiliza una gran variedad de uvas las de mayor consumo son: Cabernet Sauvignon, Pinot Noir, Ruby Cabernet, Zinfandel, Merlot; aunque la mayoría de los vinos de marca son mezclas de diferentes variedades de uva (Reyes *et al.*, 1992).

Son muchas las operaciones unitarias que se realizan para la obtención del vino, estas van desde la vendimia hasta el embalaje, a continuación se describirán los diferentes procesos a los que se somete la uva hasta conseguir el vino tinto como producto final.

Vendimia

El tiempo indicado para la cosecha varía dependiendo de los siguientes elementos:

- Variedad de la uva
- Región
- Estación del año

Para poder determinar la fecha exacta del corte de la uva, se necesita establecer la madurez de la uva en el viñedo, esto se hace mediante índices de madurez. Se les llama “índices de maduración” para conocer el momento pertinente para efectuar la cosecha. Dentro de las formulas las más empleada es la relación azúcar/acidez

Ninguno de los indicadores de maduración propuestos responde plenamente a su fin (Reyes *et al.*, 1992), por lo que en la práctica se recomienda que se usen la combinación de dos o más de ellos.

La uva que se emplea en el proceso de vinificación debe estar en buen estado físico y sanitario, sin golpes, sin ataque de insectos y/o microorganismos (Figura 1.1.1.).



Figura 1.1.1. Vendimia.

Recepción

La recepción de la uva (Figura 1.1.2.) es el primer paso en la producción del vino, durante este proceso se desarrollan las siguientes actividades:

- 1) El control de la variedad y de su estado de sanidad
- 2) La descarga
- 3) El transporte de las uvas hacia las tolvas de dosificación para la extracción de mosto o jugo
- 4) El registro del volumen de ingreso de la cosecha y la determinación de azúcares (% SST o en la práctica °Brix) para el pago correspondiente al viticultor

En México, los vinicultores resumen estas opresiones en recepción, pesado de la uva y determinación de grado Brix para el pago al productor (Reyes *et al.*, 1992).



Figura 1.1.2. Recepción de la uva.

Estrujado

La baya de uva es un fruto notablemente resistente capaz de soportar un amplio rango de condiciones físicas como la lluvia, el calor, la desecación o incluso la exposición al vacío. Para liberar todo el jugo de las bayas se estrujan mediante el empleo de un equipo diseñada para este fin (Rankine, 2000).

Antes de estrujar la uva es necesario que pase por el proceso de despallado, básicamente donde se separan el raspón de las bayas. En el despallado es necesario respetar la integridad de la baya para evitar provocar roturas o la trituración de la baya, también se evita aplastar o dañar las semillas (Flanzy, 2003).

Históricamente las estrujadoras de uva han sido del tipo batidor, el cual consta de un cilindro fijo, perforado, de acero inoxidable en cuyo interior rotan longitudinalmente las paletas de metal o de madera. Estas estrujadoras fueron diseñadas de forma que los racimos de uva que se alimentan por uno de los extremos son desgranados, las bayas separadas se fuerzan a pasar a través de los agujeros del cilindro y los raspones se expulsan por el otro extremo. Este diseño es sencillo y efectivo, las paletas rectas forman un ángulo con respecto al eje con que están unidos, lo cual permite romper las bayas por un extremo de la pantalla circular mediante el corte contra los agujeros. Más adelante, a lo largo del cilindro perforado, el ángulo modificado de las paletas eleva los raspones fuera del mismo y los lleva al extremo de descarga (Rankine, 2000) (Figura 1.1.3.).



Figura 1.1.3. Estrujadora.

Parte de los componentes de la estrujadora es una bomba para mosto, que puede o no formar parte integral de la estrujadora. Se utilizan varias bombas y hoy en día es prácticamente común emplear una bomba de pistón o de serpentín, esta última tiene una boca abierta que incorpora un alimentador de tornillo de Arquímedes. La zona de residuo del estrujado y raspones se debe diseñar de forma que se pueda limpiar fácilmente y mantener la higiene (Rankine, 2000).

Escurredo y prensado

La función principal del prensado es la de extraer el mosto de la uva fresca, o el vino de los orujos de la uva fermentada. La diferencia del escurredo entre el escurredo y el prensado la diferencia estriba en el nivel de presión aplicado sobre la baya, las funciones son globalmente las mismas (Flanzy, 2003).

La calidad del mosto y, en parte, el rendimiento se ven influenciados por la presencia de dióxido de azufre, la ausencia de oxígeno y la presencia de antioxidantes, tales como el ácido ascórbico o eritórbito (Rankine, 2000).

Históricamente, e incluso hoy día, era costumbre y económico utilizar la prensa como escurridor antes de aplicar presión. Tradicionalmente se ha utilizado la prensa de cesta vertical que permanece como símbolo de vinificación (Figura 1.1.4.), pero en los últimos años se han desarrollado otros tipos de escurridores y prensas para acelerar la operación de separación del mosto y dotarlo de mejor calidad, tales como:

- Las prensas horizontales de cesta
- Los tanques verticales multiusos
- Escurridores-fermentadores
- Escurridores inclinados
- Prensas neumáticas
- Prensas tanque
- Prensa continua multietapa
- Prensas horizontales de tornillo



Figura 1.1.4. Prensa de vino.

Bombas

La función de las bombas es la de desplazar los mostos y los vinos de una operación unitaria a otra. Las principales funciones son la continuidad del funcionamiento de la línea de elaboración de vino y la conservación del estado de los mostos y vinos a la salida de la operación unitaria siguiente (Flanzy, 2003).

Las bodegas más antiguas a veces se construían en las laderas de las colinas para aprovechar la ayuda de la gravedad en el movimiento del mosto y del vino. La uva llega y se estruja en la parte más alta y progresa en las operaciones de vinificación hasta llegar al vino en la parte más baja. Este sistema tiene la ventaja de la gravedad, pero no todas las bodegas se construyen en varios niveles, dependiendo de la pendiente del terreno (Rankine, 2000). El vino se puede mover también por medio de bombas con tuberías fijas y/o móviles. Las bombas que se utilizan en las bodegas se basan en varios principios.

- Centrífugas de rodete no flexible
- Centrífugas con rodete flexible
- Bomba de rotor helicoidal con stator flexible
- Bomba de pistón
- Bombas de lóbulo y engranajes

Existe un amplio rango de modelos de bombas, su selección depende de las necesidades de bombeo y de las condiciones en las que se debe trabajar. Además del costo, los elementos que se deben tener en cuenta son:

- Equilibrio con requisitos establecidos
- Somatización y facilidad de limpieza
- Requisitos de mantenimiento y disponibilidad de recambios
- Posibles contaminaciones metálicas del producto con hierro o con cobre
- Facilidad de operación, potabilidad y versatilidad
- Precisión adecuada (especialmente en filtración)

Las bombas más ampliamente utilizadas son las de rodetes helicoidales de desplazamiento positivo para bombear jugo y vino con sólidos en suspensión y demasiado gas (Rankine, 2000) (Figura 1.1.5.).

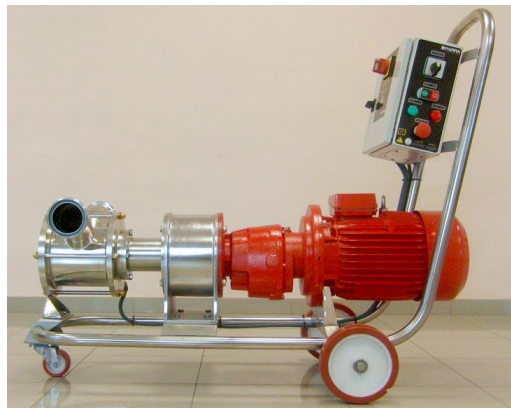


Figura 1.1.5. Bomba de rodetes helicoidales.

Enfriamiento del mosto y jugo

La práctica normal para enfriar el mosto es hacerlo pasar por un intercambiador de calor tubular (Figura 1.1.6.) o espiral, contra salmuera fría o un refrigerante de expansión directa, inmediatamente después del despalillado y estrujado. Los tubos deben tener al menos 100mm de diámetro interior con secciones finales desmontables de gran radio en las curvas para reducir la posibilidad de bloqueo por los raspones que hayan podido quedar después de la operación de despalillado y estrujado (Rankine, 2000).



Figura 1.1.6. Intercambiador de calor tubular.

Pasteurización del mosto

Cuando se compara con otras fermentaciones industriales, como la cerveza y la producción de antibióticos, la vinificación no está estrictamente controlada desde el punto de vista microbiológico. Normalmente, el mosto no está esterilizado, excepto por la adición de dióxido de azufre y la utilización de un cultivo iniciador puro de levaduras, se basa en el dominio de este cultivo sobre los microorganismos, es una de las razones por la cual muchos vinos presentan defectos microbiológicos (Rankine, 2000).

Desde el punto de vista de la vinificación, el tratamiento térmico da al vinicultor un control considerable mayor sin dañar el mosto, porque el calentamiento se lleva a cabo en ausencia de aire y durante un tiempo muy breve. Una desventaja es el costo del tratamiento, puesto que se requiere una considerable energía para elevar la temperatura del mosto y posteriormente reducirla de nuevo, aunque se utiliza la de recuperación del calor por intercambio del mosto calentando con el mostro frío entrante (Rankine, 2000).

Conservación del jugo de uva

El jugo de uva se conserva por diversas razones, tales como para endulzar vinos secos, almacenamiento para fermentación posterior, adición a otras bebidas como material edulcorante o como bebida (Rankine, 2000).

No se permite la adición de azúcar (excepto para la elaboración de vinos espumosos y olorosos) por lo que es necesario contar con otros métodos. El jugo de uva puede conservarse de diversas formas:

- Filtración esterilizada del mosto
- Mosto clarificado refrigerado
- Jugo de uva pasteurizado
- Jugo muy sulfitado
- Almacenamiento a pH bajo
- Jugos encabezados
- Jugo de uva concentrado

Dióxido de azufre

El dióxido de azufre se utiliza de forma casi universal en vinificación y es uno de los pocos compuestos para los que existe un límite máximo legal. El dióxido de azufre es un compuesto importante, puesto que combina propiedades germicidas y antioxidantes, es relativamente no tóxico y se puede detectar el exceso por el olor. No se han encontrado otros compuestos que posean todas estas características y se puedan añadir legalmente al vino (Rankine, 2000).

La función principal del sulfitado es aportar una dosis precisa de SO₂, al conjunto del lote de uva, de jugo o de vino a trabajar. El sulfitado se presta bastante bien criterios de aseguramiento de calidad (Flanzy, 2003).

Químicamente el dióxido de azufre es bastante reactivo y aparece en el vino tanto en forma libre o no combinado, como unido o en forma combinada. La forma libre consta del dióxido de azufre molecular o no ionizado, del anión bisulfito y del anión sulfito. Las proporciones de cada una de estas tres formas dependen del pH, en los vinos más ácidos hay más dióxido de azufre no disociado. La forma no disociada o molecular del dióxido de azufre es la más germicida, pero debido al pH del vino (de 3 a 4) el bisulfito es la forma más abundante. La forma unida o combinada incluye muchos compuestos, especialmente acetaldehído, con el que se combina muy fuertemente. Los numerosos compuestos unidos o en acción están en equilibrio unos con otros en forma compleja (Rankine, 2000).

Las fracciones libres y combinadas constituyen el dióxido de azufre total. Puesto que el dióxido de azufre libre es la fracción más efectiva su medida es mucho más importante que el dióxido de azufre total. El dióxido de azufre se encuentra disponible en tres formas principalmente:

- Como gas licuado
- Como ácido sulfuroso o como una solución de dióxido de azufre en agua
- Como sales de dióxido de azufre

Inóculo

La función principal de la adición de levaduras es la de aportar una cantidad apropiada de biomasa de levadura en buen estado fisiológico. Otra función es la de gestión de la fermentación alcohólica por medio de la levadura, los vinificadores esperan de la levadura que sea un simple factor limitante a los riesgos de defectos, e igualmente que desarrolle las potencialidades de la uva (Flanzy, 2003).

Para los vinos tintos son sometidos a una maceración tradicional, generalmente no es necesario el uso de un inóculo en particular (*Saccharomyces cerevisiae*, Figura 1.1.7.), sin embargo se utilizan las levaduras activas para ajustar los tiempos de fermentación entre 3 y 5 días, facilitando así la programación del trabajo en la planta de vinificación.



Figura 1.1.7. *Saccharomyces cerevisiae*.

La inoculación se lleva a cabo junto con el llenado de los tanques de fermentación, de este modo se verá favorecida la dispersión de los microorganismos en el mosto, la cantidad que generalmente se utiliza es de 3 al 5 % en volumen de mosto a fermentar, teniendo una concentración mayor a 10^6 microorganismos/mL (Reyes *et al.*, 1992).

Fermentación-maceración para vinos tintos

El proceso de maceración consiste en la permanencia más o menos prolongada del mosto, en determinadas condiciones, en contacto con las paredes sólidas del grano de uva (Figura 1.1.8). Durante la maceración, las partes sólidas de la uva (hollejos, semillas y residuos de la pulpa) ceden parcialmente al mosto sus constituyentes (Reyes *et al.*, 1992).



Figura 1.1.8. Maceración.

Durante la maceración sucede una extracción fraccionada, es en este momento donde las sustancias como las antocianinas, taninos y compuestos aromáticos, que imparten aromas y que emigran del hollejo. La maceración aporta al vino tinto sus cuatro características específicas: color, taninos, componentes del extracto y aroma. Los principales compuestos que se extraen son:

- Ácidos orgánicos: tartárico, cítrico, málico
- Fenólicos: catequina, leucoantocianidina, galocatequina, ácido dehidroascórbico, epicatequina, malvidina, petunidina, cianidina, peonidina
- Péptidos: fenilalanina, tirosina
- Polisacáridos: dextrinas, arabanos, almidón, ácido galacturónico

- Aromáticos: acetato de etilo, alcohol isobutílico, alcohol isoamílico, hexanoato de etilo, octanoato de etilo, ácido hexanóico, ácido octanóico, ácido decanóico
- Enzimas oxidantes: tirosinasa, catalasa, polifenol oxidasa
- Enzimas pectinolíticas: poligalacturonasa, petilmetilestearasa, pectinasas, polimetilgalacturonasa

Desde el punto de vista de las levaduras, se observan tres fases en la fermentación alcohólica del mosto de uva, tomando en cuenta que al inocular, el mosto debe tener una concentración no menor de 10^6 células/mL:

- 1) Multiplicación
- 2) Fermentación
- 3) Fase de declinación

La cinética de consumo de azúcares va a depender de la cepa de levadura utilizada, de la temperatura del proceso, de que no exista otro substrato limitante y de la concentración del etanol (Reyes *et al.*, 1992).

Descube

En el descube se separa el mosto fermentado de los orujos, el líquido es transportado por mangueras, en cuanto a los orujos, éstos son llevados a la prensa donde se obtendrá el mosto que contengan.

El vino así extraído se caracteriza por su riqueza tánica, este vino de prensa se puede juntar con el vino de yema (el de en medio de la cuba o tinaja; que no es el del principio, ni el del final) o también terminarlo por separado (Reyes *et al.*, 1992).

Fermentación maloláctica

La fermentación maloláctica sucede al final de la fermentación alcohólica, antes del descube, sobre todo cuando se alarga el encubado, cuando termina la fermentación el vino se suaviza y pierde la acidez fija, está es debida a las bacterias lácticas. Hoy en día se encuentran en el mercado diversas bacterias lácticas aunque la fermentación maloláctica también se hace de forma espontánea (Flanzy, 2003).

En viñedos de zonas frías, el contenido de ácido málico aumenta, se producen vinos verdes y ácidos, vinos con un contenido de 8 a 10 g de ácido tartárico/L de acidez fija, en estos casos es recomendable llevar a cabo la fermentación maloláctica y con esto la acidez desciende a valores entre 5 y 7 g de ácido tartárico/L (Reyes *et al.*, 1992).

Estabilización fisicoquímica y microbiológica

El proceso de estabilización es diferente en cada vino, debido a las diferentes alteraciones que cada uno tiene durante las diversas etapas de vinificación. Por

ejemplo, los vinos jóvenes o viejos suelen enturbiarse cuando han sido expuestos a oxígeno durante la filtración, sobre todo cuando la temperatura es baja.

Es bien sabido que el hierro férrico casusa más problemas de turbidez que el ferroso, esto es debido a que está mucho más dissociado que el fierro divalente, por lo tanto forma con gran rapidez en complejos. Con el cobre sucede lo todo contrario, debido a que el sulfato de cobre es muy insoluble (Reyes *et al.*, 1992).

También ocurren algunos enturbiamientos que se deben al desarrollo de levaduras sin fermentación importante, es habitual que los vinos jóvenes presenten turbidez de nuevo, aunque éstos ya hayan pasado por el proceso de clarificación y no contengan azúcar, asimismo las bacterias, a través de la fermentación maloláctica, puede causar enturbiamientos.

Para que el vino adquiera limpidez, se deben sujetar a un proceso de clarificación, esto es debido a que la limpidez es una condición que todos los consumidores demandan en todo buen vino (Reyes *et al.*, 1992). La clarificación se puede dar de dos maneras en el vino:

- 1) De manera natural
- 2) De manera inducida

Madurez

La madurez también conocida como añejamiento en los vinos se define como el conjunto de transformaciones que a lo largo del tiempo, o a través de condiciones artificiales, provocan en los vinos una mejora apreciable en sus características sensoriales.

El añejamiento es una parte esencial en el proceso de vinificación de un buen vino, se debe tomar en cuenta que no todos los vinos son aptos para ser sometidos al añejamiento, solo a aquellos que presenten ciertas cualidades (como acidez y contenido alcohólico) que permitan mejorar las características sensoriales y que además resistan el paso del tiempo (Reyes *et al.*, 1993).

Se definen dos tipos de añejamiento:

- Añejamiento natural
- Añejamiento artificial

El añejamiento natural esta función del tiempo y por lo tanto es lento respecto al añejamiento artificial donde se crean diversos factores y condiciones para suplir el efecto del tiempo (Reyes *et al.*, 1992).

Embotellado

Al igual que para el añejamiento en madera, no todos los vinos son apropiados para una larga crianza en botella, pero eso sí, al término de su producción, el vino tiene que pasar a ésta ya que sólo en ella puede alcanzar su plena madurez (Figura 1.1.9.).



Figura 1.1.9. Embotelladora de vino.

Para que un vino esté a punto para ser embotellado debe ser resistente al aire y estable desde el punto de vista biológico y químico de modo que sea poco probable la aparición de enturbiamientos, decoloraciones o de fermentaciones una vez que el vino haya sido embotellado. Todo esto depende de las medidas de estabilización aplicadas al vino: de las clarificaciones, de los trasiegos, en caso de ser necesarios, de un tratamiento por frío, y del control del embotellado estéril (Reyes *et al.*, 1992).

Los comerciantes y consumidores de vino pueden también, realizar una maduración por añejamiento deliberado en botella para influir en la calidad de algunos vinos. Los vinos que pueden soportar un periodo prolongado en botellas antes del consumo son de gran interés para los expertos (Clarke & Bakker, 2004).

Los cambios que se producen en la composición, en su mayoría guardan relación con la variación del contenido de compuestos volátiles, especialmente notable en el denominado “buqué” del vino. Es empleado el término “buqué de reducción” ya que en el añejamiento en botella los cambios químicos tienen lugar en ausencia de oxígeno y, en las botellas de vino no hay posibilidad de extracción. El buqué de un vino se forma por reacciones complejas relacionadas con la formación de sustancias reducidas y la armonización de los aromas (Clarke & Bakker, 2004).

1.2. Atributos sensoriales del vino tinto

El aroma del vino es de una gran complejidad y se debe en parte a su origen, pues es el resultado procesos biológicos, bioquímicos y tecnológicos, y en parte al número elevado de constituyentes volátiles que tiene (más de 500), cuyas concentraciones van desde algunos nanogramos hasta algunos miligramos por litro. Además, estos constituyentes volátiles están inmersos en una solución hidroalcohólica que contiene otros compuestos químicos muy abundantes y variados.

Se ha puesto en evidencia y se ha estudiado de manera intensiva, desde principios de los años 80, una clase importante de compuestos: los precursores de los

aromas. Estos compuestos inodoros que provienen de la uva en su mayor parte, son susceptibles de liberar moléculas odorantes bajo la influencia de diversos factores biológicos, biotecnológicos y fisicoquímicos. Así en la apreciación objetiva del aroma del vino y de su evolución se ha de tener en cuenta el conjunto de estos constituyentes volátiles y precursores que conjuntamente constituyen el potencial aromático del vino.

Si se considera como un todo, en el vino se pueden distinguir diversos compuestos que dependen de varios factores como la variedad, el año, el paraje (*terroir*), las prácticas culturales, las manipulaciones de la uva antes de la fermentación, la fermentación y los efectos de la conservación. Además otros factores de orígenes accidentales, naturales o no, pueden tener a menudo una incidencia desfavorable, sobre la calidad sensorial del vino (Flanzy, 2003).

Los constituyentes del aroma del vino se han clasificado según su origen a lo largo de la cadena biotecnológica, distinguiéndose:

- Los constituyentes varietales que provienen de la uva, que dependen esencialmente de la variedad pero también de otros factores (fitosanitarios, climáticos, de paraje, etc.). En la mayor parte de las cepas de vinificación, generalmente poco aromáticas, estos constituyen generalmente precursores: ácidos grasos, glicósidos, carotenoides y compuestos fenólicos.
- Los constituyentes pre-fermentación, formados durante las etapas que van desde la cosecha hasta el principio de la fermentación alcohólica, son esencialmente compuestos de 6 átomos de carbono, provenientes de la acción de enzimas de la uva sobre ciertos lípidos. Entre estos destacan los ácidos tartárico, málico, cítrico, oxálico, glicólico y fumárico.
- Los constituyentes de fermentación formados por la levadura alcohólica y por las bacterias lácticas en el caso de que la fermentación maloláctica sea realizada. La levadura tiene el papel esencial de producir etanol, a partir del azúcar, y aquellos productos de la fermentación gliceropirúvica. Los constituyentes de fermentación del aroma son de hecho los productos secundarios del metabolismo de la levadura, implicando los nutrientes no específicos del medio que provienen de la uva. Cuantitativamente, estos son con mucho lo más abundantes, y son considerados los responsables de la nota a vino en todos los vinos. Los compuestos que más resaltan son los alcoholes y los ésteres como son: etanol, acetato de etilo, 3-metilbutanol, acetato de 3-metilbutilo, 2-feniletanol, ácido hexanóico y succinato de etilo.
- Los constituyentes post-fermentación incluyen todos los compuestos volátiles que se forman durante la conservación del vino, cuya duración puede sobrepasar a veces la decena de años. Provenientes esencialmente de “arreglos” químicos que se producen en el vino joven, y se trata de sustancias volátiles por si mismas o de precursores varietales que se transforman en

compuestos volátiles. En esta etapa del vino se pueden encontrar compuestos como los etoxietilfenoles y los etilfenoles.

Por otro lado los componentes estimulantes básicos del sabor de los vinos constituyen de forma importante las características que marcan la calidad global del mismo. Resultan bien conocidas las propiedades de su principal componente alcohólico, el alcohol etílico, mientras que el contenido ácido determina la denominada acidez en el vocabulario de los catadores de vino, y el contenido final de azúcar determina “sequedad” o dulzor.

De los otros sabores básicos, el amargor es determinado por un conjunto de compuestos de composición química diferente, mientras que la salinidad que viene determinada por el contenido de sales minerales, cloruro de sodio principalmente, no es importante en el vino. La astringencia percibida en toda la boca es una característica importante, a menudo confundida con el amargor, con el que puede ser asociado, ya que algunos compuestos manifiestan sabor amargo así como también una sensación astringente.

Los sabores que contribuyen a estos sabores básicos son todas las sustancias no volátiles solubles en agua o en mezclas de agua/alcohol. Aunque la mayoría de los componentes del sabor por separado en su estado puro son sustancias sólidas, otras son líquidas, esencialmente no volátiles en condiciones de temperatura y presión ambiente tales como el glicerol, que contribuye al sabor dulce. Algunos ácidos, como el ácido acético, son ligeramente volátiles y contribuyen a la acidez y al olor (Clarke & Bakker, 2004).

Para la parte del el análisis sensorial que en general se define como un conjunto de técnicas y herramientas que permiten evaluar las propiedades físicas y químicas de los alimentos y bebidas por medio de los sentidos del ser humano, se utiliza la degustación o cata de los alimentos con fines muy precisos: valorar el nivel de satisfacción de los consumidores antes de lanzar al mercado un producto alimenticio; verificar la similitud o la diferencia entre dos alimentos; medir del mismo modo que un instrumento la intensidad de los atributos de los alimentos. El jurado de expertos (Figura 1.2.) constituye un instrumento de medida que permite discernir diferencias muy sutiles entre dos procesos, describir las características de los productos objeto de estudio o, finalmente, medirlas con ayuda de escalas de intensidad (Fortin & Desplancke, 2001).



Figura 1.2. Catadores de vino para el análisis sensorial.

La necesidad de obtener resultados que se puedan representar numéricamente y la validez de los valores generados requieren de un cuidado especial en la metodología al realizar una prueba de este tipo, siendo importante la manera de asignar los valores que representen la forma como se percibe el alimento o sustancia. (Escalona Buendía *et al.*, 1995)

Existen tres tipos fundamentales de pruebas en el análisis sensorial: pruebas de preferencia y aceptación, pruebas de discriminación o diferencia y pruebas descriptivas.

Las pruebas de preferencia y aceptación, se apoyan en el grado de preferencia o en una medida que permita determinar la preferencia relativa. La reacción del participante viene dictada por la atracción personal que siente hacia el producto. Las pruebas de discriminación o diferencia permiten discriminar adecuadamente las muestras entre sí. En su respuesta, el experto no tiene en cuenta sus gustos particulares. Este tipo de pruebas sirve igualmente para el proceso de selección de catadores.

Pruebas descriptivas están destinadas a determinar la naturaleza y la intensidad de las diferencias: son utilizadas en el Análisis Cuantitativo Descriptivo, (QDA por sus siglas en inglés). Este método consiste en examinar los atributos de un alimento para obtener una apreciación y descripción detallada del mismo, lo cual lo hace más completo que los perfiles de sabor y de textura; además de ser una metodología muy utilizada en la investigación. (Fortin & Desplancke, 2001; Escalona Buendía *et al.*, 1995).

1.3. Añejamiento del vino tinto

El añejamiento en los vinos se define como el conjunto de transformaciones que a lo largo del tiempo, o a través de las condiciones artificiales, provocan en los vinos una mejora apreciable en sus características sensoriales (Reyes *et al.*, 1993).

Dependiendo de las condiciones de añejamiento, las reacciones químicas darán como resultado varios productos químicos, éstos influyen en la composición de los volátiles en el vino y transforman del aroma del vino (Rapp & Mandery, 1986).

Hay dos tipos de bouquet:

- El *bouquet* de oxidación, que se forma mientras el vino se añeja en barrica
- El *bouquet* de reducción, que se forma durante el añejamiento en botella

Durante el añejamiento en barrica, el vino adquiere complejidad aromática como resultado de la transferencia de diversos compuestos en la interfase (Figura 1.3.1) entre la madera y el vino, entre estos compuestos destacan: los lignanos, las cumarinas, los fenoles, los taninos, los hidrocarburos, los ácidos grasos y las lactonas. A lo largo de este período, los compuestos producidos en la fermentación disminuyen, mientras que aparecen nuevos compuestos aromáticos de la madera y de la evolución primaria y secundaria de los aromas (Barreda *et al.*, 2006).

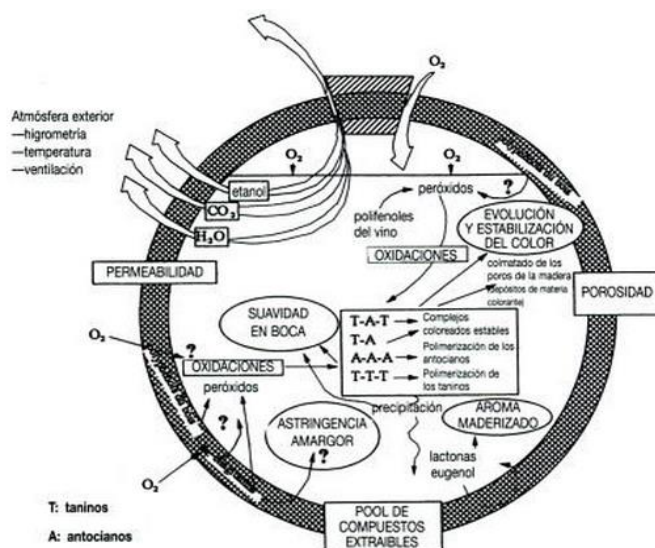


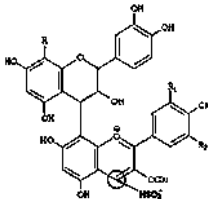
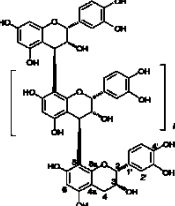
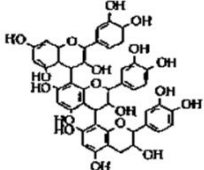
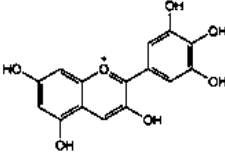
Figura 1.3.1. Reacciones típicas del añejamiento del vino dentro de la barrica y en la interfase vino-barrica (Flanzy, 2003).

El sabor de los vinos tintos se ve particularmente beneficiado con el añejamiento en barricas de madera, cuando varios elementos aromáticos de la madera son extraídos y como consecuencias del carácter del vino ya no domina (Rapp & Mandery, 1986). Gürbüz *et al.* (2006) han identificado hasta setenta y cuatro aromas en vinos varietales Merlot, los aromas más intensos identificados en este estudio fueron: 3-metil-1-butanol, 3-hidroxi-2-butanona, octanal, hexanoato de etilo, acetato de 2-metilbutanoato, 2-damascenone, 2-metoxifenol, 4-etnil-2-metoxi-fenol, acetato 3-metilbutanoato, ácido acético, y 2-feniletanol.

El proceso de añejamiento en barrica se realiza después de la fermentación y antes del embotellamiento, es común sobre todo para los vinos tintos, pero a veces también se realiza para los vinos blancos. El envejecimiento en barricas de roble es una tradición muy antigua utilizada para mejorar las características sensoriales del vino (Ferreira *et al.*, 2006).

Se considera que las barricas de madera favorecen el desarrollo sensorial de los vinos, sin embargo los eventos que suceden en la barrica son extremadamente complejos. Tienen lugar una serie de reacciones que afectan la estabilidad el color, la claridad, las estructuras de los compuestos fenólicos y la formación de nuevos aromas, ninguna de estas reacciones se produce en el añejamiento en botella ya que éstas son inertes es decir no interactúan con el vino y no permiten la oxidación controlada que se realiza en las barricas de madera. (Pérez-Coello & Díaz-Maroto, 2009). Entre las reacciones más importantes (Tabla 1.3.1.) que suceden durante el añejamiento del vino en barrica se enfatizan las polimerizaciones de las antocianinas y de los taninos así como la oxidación de los mismos (Flanzy, 2003).

Tabla 1.3.1. Reacciones relevantes de compuestos del vino tinto que suceden en el añejamiento en barrica.

| Reacciones | Formulas |
|--|---|
| <p>Complejos coloreados estables</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tanino-Antocianina-Tanino • Tanino-Antocianina |  |
| <p>Polimerización de las antocianinas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Antocianina-Antocianina-Antocianina |  |
| <p>Polimerización de taninos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tanino-Tanino-Tanino |  |
| <p>Oxidaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taninos • Antocianinas |  |

Fenómenos de envejecimiento

La extracción de los compuestos en el vino procedentes de las barricas de roble depende tanto del grupo de compuestos potenciales extraíbles presentes originalmente en la parte no utilizada de la barrica, como son los compuestos fenólicos, los compuestos alifáticos y los terpénicos, así como también depende del tiempo que el vino pase dentro de la barrica.

Se han identificado cientos de compuestos volátiles del proceso de tostado de la madera de roble, y son muy pocos los compuestos volátiles como la vainillina, eugenol, cis y trans β -metil y octalactona, éstos se encuentran presentes en cantidades significativas (0.2-1.2mg/L) para proporcionar las propiedades sensoriales características. Otros compuestos volátiles tales como el furfural, 5-metilfurfural, alcohol furfurílico, guayacol, 4-etilguayacol, 4-propylguaiacol, eugenol, siringol, y los dos isómeros de β -metil-y-octalactona (conocida como lactona de roble) se forman por la degradación térmica de la lignina, celulosa, hemicelulosa y durante el tostado.

El tostado también puede aumentar los niveles de los compuestos que se encuentran en madera de roble sin tostar (Towey & Waterhouse, 1996).

Sin embargo varios factores, tales como la composición del vino, las técnicas de mantenimiento de la barrica, la fermentación en la barrica y el contacto con las lías, puede afectar al proceso de extracción de aromas; la edad de la barrica y la longitud de crianza en la barrica son también de suma importancia.

Durante el añejamiento del vino en las barricas, la extracción de compuestos fenólicos del roble ha demostrado que se rige por la cinética de difusión (Spillman *et al.*, 1998) (Figura 1.3.1.), siguiendo una curva en la que la tasa de extracción es inicialmente alta, debido a una gran diferencia de concentraciones entre el cuerpo de la barrica y el vino, pero ésta disminuye conforme a la concentración de los compuestos en el vino más cercana a la superficie interior del barril. Towey & Waterhouse (1996) han demostrado que las concentraciones de compuestos de roble relacionados, como los fenoles totales, así como la de los volátiles del roble, tales como la vainillina siguen este patrón general de extracción.

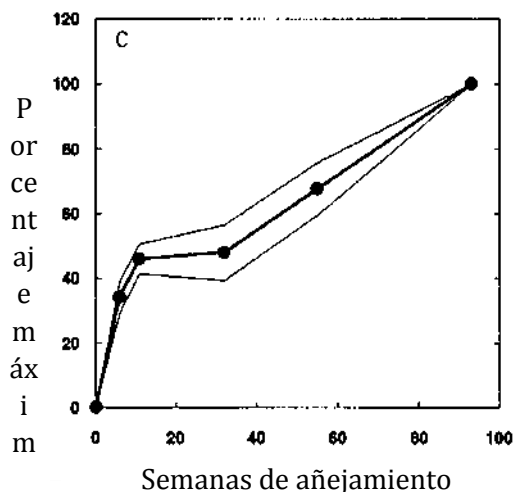


Figura 1.3.1. Cinética de extracción de Vainilla de una barrica mediante una solución estándar. (Spillman *et al.*, 1998).

Dado que el grupo de compuestos extraíbles de una barrica es finito, la tasa de extracción y las cantidades de compuestos extraídos disminuirá a medida que la barrica se utilice en años sucesivos. Además, como la barrica se hace vieja se impregna de vino, y si esta no se mantiene llena se puede atestar con microorganismos indeseables, tales como *Brettanomyces*, esto se da sobre todo en vinos tintos, pueden también aumentar las concentraciones de los compuestos como fenoles de etilo teniendo un impacto significativo en las características sensoriales, éstos tienen aromas desagradables como medicinales y de caballo. Por estas razones, se considera que la barrica tiene una vida útil de sólo cinco o seis años, por lo tanto, cada barrica tiene una historia de vida, basada en el grupo de compuestos extraíbles que contenía

inicialmente y en el número y la duración de las extracciones o rellenos a los que han sido sometidos (Towey & Waterhouse, 1996).

Formación de ésteres en los vinos durante el proceso de añejamiento con madera (Esterificación)

Las barricas de roble han sido de uso común en el añejamiento de vinos y licores, debido a sus efectos positivos sobre el producto, como son una mayor estabilidad de color, clarificación espontánea y un aroma más complejo. La composición del roble y las condiciones en las que el vino lleva a cabo el añejamiento son de gran importancia en la calidad final (Garde & Ancín-Azpilicueta, 2006).

En un corto plazo de añejamiento en barrica, la mayoría de las concentraciones de los compuestos de la madera en el vino son inferiores a la de las barricas ya usadas; respecto a las barricas nuevas, en orden descendente, los compuestos que en su mayoría se agotaron por el uso de la barrica fueron: aldehídos furánicos, alcoholes fenólicos, compuestos fenólicos aldehídos y roble-lactonas. Sin embargo, debido a la evolución de los compuestos de la madera en el vino, por largos plazos de tiempo de añejamiento (12-15 meses), la concentración de la mayoría de estos compuestos fue similar para el vino añejado con barricas nuevas y con barricas usadas, independientemente de la edad de la barrica.

En consecuencia, se podría afirmar que, cuando se trata de la selección de una barrica para añejar el vino, la cuestión de si el almacenamiento es a largo o a corto plazo es pertinente. Parecería que utilizar barricas usadas proporciona resultados similares los de las barricas nuevas si nos referimos a la fracción volátil proveniente de madera de la barrica (Garde & Ancín-Azpilicueta, 2006).

Consecuencia de la evolución de los compuestos fenólicos durante la crianza

Durante el añejamiento del vino en barricas de roble, la composición de los compuestos fenólicos se ha modificado como resultado de la transferencia de masa en la interfase madera-vino. Entre los diferentes compuestos fenólicos presentes en el vino, las antocianinas contribuyen a la estabilidad del color del vino. La mayoría de estos polifenoles son muy inestables y se transforman rápidamente en varios pigmentos, produciéndose las reacciones de polimerización y oxidación (Tabla 3.1.) durante el proceso de envejecimiento de los vino (Barreda-García *et al.*, 2007).

La desaparición de las antocianinas se produce simultáneamente con la formación de más pigmentos oligoméricos estables. La condensación indirecta con la participación del acetaldehído puede referirse tanto a antocianinas-taninos como a la polimerización del tanino-tanino por los grupos de etilo, dando como resultado compuestos más estables. Las antocianinas y / o flavanoles forman "nuevos pigmentos" de bajo peso molecular con otras moléculas como el ácido pirúvico, el

vinilfenol, o el ácido glioxílico, que mantienen la intensidad de color del vino por períodos más largos (Barreda-García *et al.*, 2007) (Figura 1.2.2.).

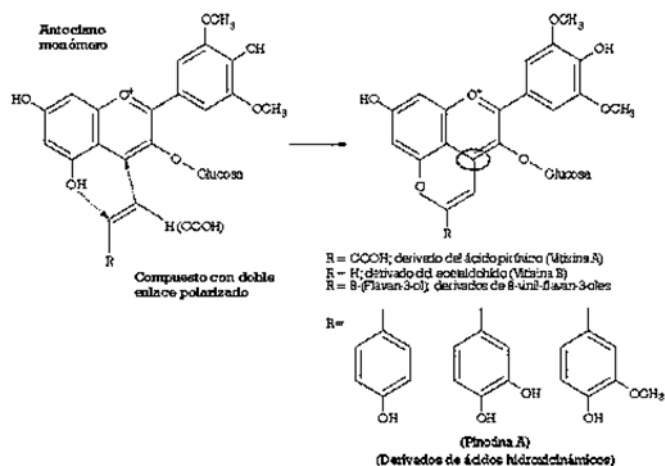


Figura 1.3.2. Reacciones de las antocianinas para formar pigmentos de bajo peso molecular.

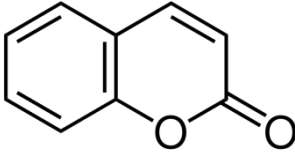
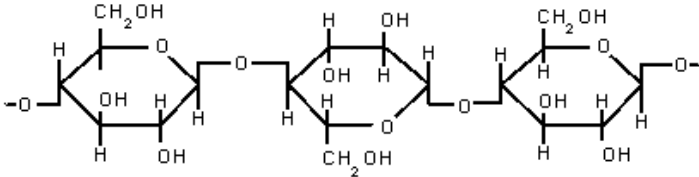
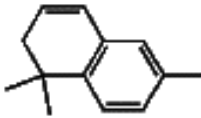
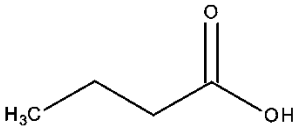
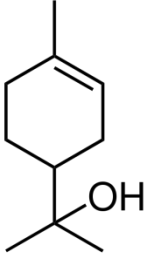
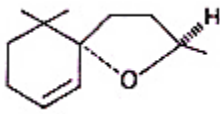
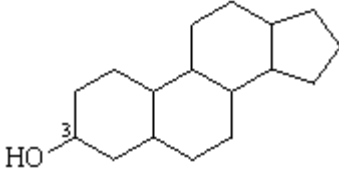
Compuestos extraíbles de la madera

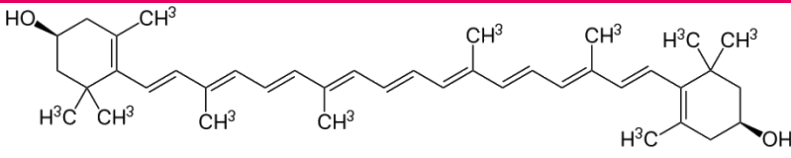
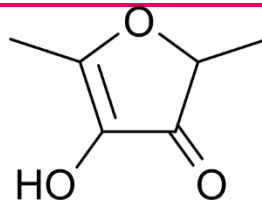
Compuestos fenólicos y volátiles

Los compuestos que se transfieren desde la madera hasta el vino: elagitaninos, lactonas, cumarinas, polisacáridos, hidrocarburos, ácidos grasos, terpenos, norisoprenoides, esteroides, carotenoides y furanos (Tabla 1.3.2.). Los fenoles volátiles y el aldehído benzoico son particularmente significativos, ya que confieren importantes características sensoriales.

Tabla 1.3.2. Estructuras químicas de los diversos compuestos extraíbles de la barrica a partir de soluciones hidroalcohólicas.

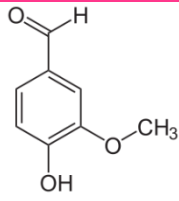
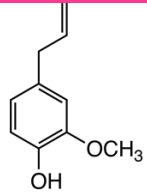
| Compuestos | Formulas |
|-------------------------------|----------|
| Elagitaninos (Castalagina) | |
| Lactonas (Whiskylactona) | |

| | |
|--|--|
| <p>Cumarinas (Cumarina)</p> |  |
| <p>Polisacáridos (Celulosa)</p> |  |
| <p>Hidrocarburos (1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno)</p> |  |
| <p>Ácidos grasos (Ácido butírico)</p> |  |
| <p>Terpenos (α-Terpineol)</p> |  |
| <p>Norisoprenoides (Vitispirano)</p> |  |
| <p>Esteroles (Esterol)</p> |  |

| | |
|------------------------------|--|
| Carotenoides (Zeaxantina) |  |
| Furanos (Furaneol) |  |

Los principales compuestos volátiles identificados en la madera de roble son la vainillina (nota característica de vainilla) y el eugenol (que otorga la nota del clavo, especias) se caracterizan por conferir propiedades sensoriales típicas y tener un bajo umbral sensorial (Tabla 1.3.3.).

Tabla 1.3.3. Estructura y umbral de olor de la vainillina y el eugenol.

| Compuesto | Estructura | Umbral de olor |
|------------|---|----------------|
| Vainillina |  | 100µg/L |
| Eugenol |  | 400µg/L |

Los taninos hidrolizables (galotaninos y elagitaninos), son los principales polifenoles que libera la madera (Figura 1.3.3.), éstos juegan un papel muy importante en el agrado del vino, los polisacáridos confieren astringencia, estructura y estabilización del color en el producto (Puech *et al.*, 1999; Ribereau-Gayon *et al.*, 1998).

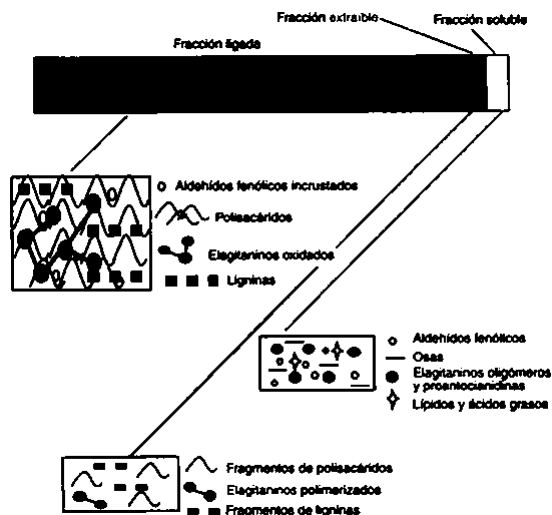


Figura 1.3.3. Representación gráfica de los polifenoles en la madera (Flanzy, 2003).

Los taninos hidrolizables reaccionan con el oxígeno, formando H_2O_2 y además ocurre la oxidación del etanol en etanal, éste reacciona con los taninos del vino, la formación de etanal-taninos intermedios que a su vez (Figura 1.3.4.) se combinan con las antocianinas, forman productos estables a las variaciones de pH y SO_2 (Ribereau-Gayon *et al.*, 1998; Escribano-Bailon *et al.*, 2001).

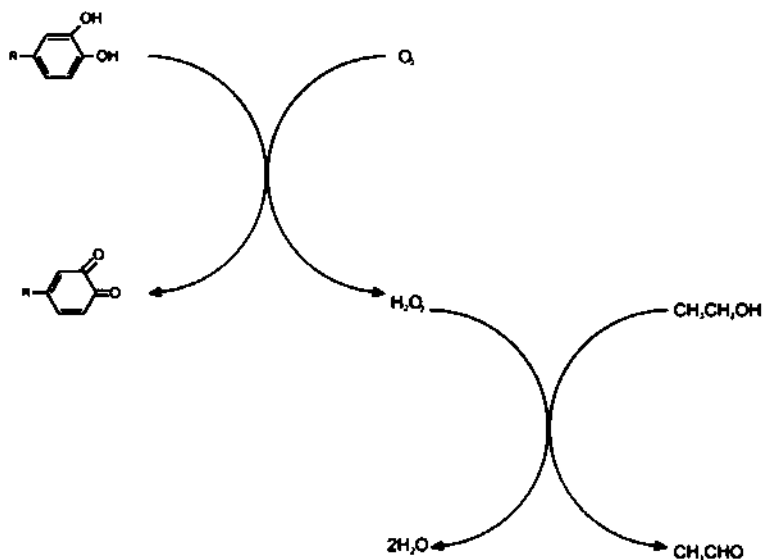


Figura 1.3.4. Principio de la oxidación de taninos hidrolizables acoplada (Álvarez, 2007)

2. Antecedentes

2.2. Añejamiento con chips de madera

Se ha introducido al añejamiento de vinos una técnica llamada chips de madera, consiste en colocar piezas nuevas de madera (chips o duelas de roble) en contenedores inertes (Figura 2.2.1.). Esta técnica ofrece un sabor distinto y varias ventajas, así como nuevas opciones en el manejo del vino. Dado que la madera se está poniendo en vino y no vino en madera, toda la superficie se puede utilizar y no sólo el 40% de la misma. El resultado es una aplicación atractiva que ha sido adoptado por muchos (Stutz, *et al.*, 1999).



Figura 2.2.1. Chips de madera en contenedores de vino tinto.

El uso de alternativas al añejamiento con madera ha sido una práctica extendida en los EE.UU., Australia y otros países, tales como Chile, desde hace varios años, pero no fué la práctica legal en la Unión Europea (UE) hasta octubre de 2006 cuando la UE aprobó la utilización de trozos de madera de roble en la elaboración del vino y la designación y presentación del vino así tratado (Reglamento (CE) 1507/2006 de 11 de octubre de 2006 La Comisión) (Bautista *et al.*, 2008).

La rápida difusión del uso de los chips de madera implica que deben realizarse estudios para evaluar su influencia, llevar a cabo la caracterización fisicoquímica de los vinos y evaluar las diferencias respecto a los sistemas tradicionales de añejamiento (barrica).

Diferentes formas de piezas de madera de roble se pueden encontrar en el mercado: chips, cubos o granos, polvo, virutas o granulados, dominó, y los bloques o segmentos (Figura 2.1.2.). Factores tales como tamaño de la pieza, la cantidad de madera añadida, y el tiempo de contacto entre la madera y el vino influyen en las características sensoriales y químicas de los vinos. En los últimos años, algunos estudios han examinado la evolución de los compuestos volátiles que se desprendan

de la madera en el vino durante el añejamiento con chips de madera (Fernandez de Simon *et al.*, 2010).



Figura 2.1.2. Diferentes formas de madera de roble para el uso de añejamiento del vino tinto.

Sólo un análisis químico adecuado de los chips de madera permitirá determinar la calidad para predecir su efecto sobre las características químicas y sensoriales del vino, y para comparar los resultados obtenidos en diferentes experimentos.

2.2. Vino mexicano

Para entender a la industria del vino en México en la actualidad, es necesario revisar el contexto histórico. La producción del vino en México, se remonta a la época de la conquista española; para los colonizadores españoles el vino era un elemento muy importante de su dieta diaria, ya que además de usarlo como complemento de los alimentos, también lo usaban como medicina y para reponer energía. Cabe mencionar que antes de la llegada de los españoles, los indígenas usaban las vides salvajes para crear una bebida, al vino (conocida como vino de acahul) con frutas y miel, pero debido a que las vides de la región eran muy ácidas no se podía producir vino con ellas.

Por ello, luego de conquistar por completo México, Hernán Cortés mandó traer de España las primeras vides de europeas, las cuales se adaptaron de manera rápida al clima de la región. El mismo Cortés emitió el decreto de plantar mil vides, la cual derivó en el desarrollo de la vitivinicultura en la nueva colonia. Sin embargo, debido a esta situación se dejaron de traer vinos desde España, lo cual provocó que los productores españoles tuvieran menos ingresos. Esto originó que el Rey Felipe II prohibiera plantar más vides y la destrucción de aquellas con uvas de buena calidad, aunque tal restricción no aplicaba a las misiones establecidas por los religiosos, quienes siguieron elaborando vino para las celebraciones. A partir de este hecho, la producción de vino en el país se volvió más difícil, siendo hasta el año de 1920 cuando los vino mexicano se comenzaron a producir seriamente; aunque debido a la falta de

infraestructura, la nula selección de variedades y desconocimiento de la viticultura, los productos no eran de buena calidad.

En 1948 se creó la Asociación Nacional de Vitivinicultores con quince empresas; cuya finalidad es la de fomentar el desarrollo del cultivo de la vid, la industrialización de la uva y comercializar los productos obtenidos; así como proteger y mejorar la calidad de los productos vitivinícolas. Es a partir de esta década que la producción de vino mexicano comienza a crecer, debido a la decisión de muchos granjeros de cambiar los campos de algodón por vides. Por ello entre 1970 y 1980, la producción de vinos se triplicó y la calidad de los mismos mejoró.

De esta manera en los años noventa, la apertura comercial acontecida en México permitió que se consolidaran las bodegas con verdadera vocación vinícola; bodegas grandes y pequeñas iniciaron la producción de vinos de la más alta calidad, invirtiendo en equipo y aplicaciones tecnológicas europeas de punta para competir con los buenos vinos importados de todas las regiones vinícolas del mundo. Actualmente, la producción de vinos mexicanos finos es una realidad, pero requiere de mayor apoyo por parte de los consumidores, para desarrollarse más y así consolidar su posición tanto en el mercado nacional como en los mercados extranjeros (Font *et al.*, 2008).

En el globo terrestre (entre los 30 y 50 grados de Latitud Norte y entre los Paralelos 30° y 40° Latitud Sur) se localiza una región óptima para el cultivo de viñedos, ni extremoso en calor ni en frío, sólo una pequeña parte del Norte de México está presente en esta región (Figura 2.2.1.).

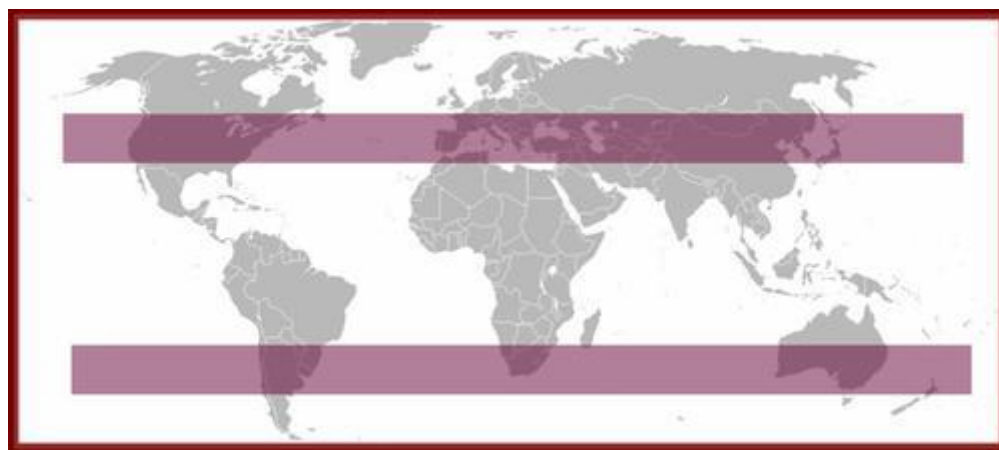


Figura 2.2.1. Localización de la franja del vino.

En todos los continentes, las propiedades climáticas para las producciones de vides son conocidas como de clima mediterráneo europeo, con inviernos húmedos y veranos secos y templados, unas temperaturas no extremosas y características idóneas de insolación y lluvia. La vid no prospera en climas tropicales, pero hay que

decir que la exacta demarcación de esas franjas no necesariamente excluye otras regiones en las que la uva se da muy bien, esto permite obtener cosechas con calidad.

2.3. Casa de Piedra (Viñedo)

El viñedo Casa de Piedra se encuentra ubicado en el Km. 93.5 en el valle de San Antonio de Las Minas en Baja California, es considerado como uno de los viñedos más innovadores y revolucionarios de México. Su vino tinto “Vino de Piedra” y el blanco “Piedra del Sol” están considerados como los mejores de México, son exclusivos, caros y muy difíciles de encontrar. El viñedo y vinícola Casa de Piedra nacieron en 1996 con el propósito de producir vino excelente.

En la vinícola se han esforzado por hacer su “Vino del Estado” usando las uvas de Baja California y de sus diversos microclimas, utilizando lo último en tecnología combinado con la destreza y sensibilidad de sus vinicultores, entre los cuales destaca Hugo D’Acosta (Figura 2.3.1.).

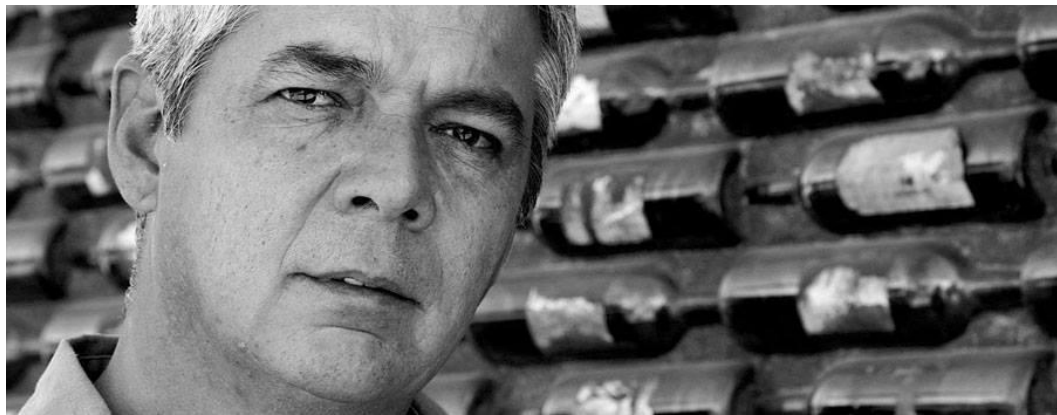


Figura 2.3.1. Hugo D’Acosta, enólogo experto de los viñedos Casa de Piedra y Paralelo.

De forma paralela a esta vinícola de Casa de Piedra surgió una vinícola a unos cuantos kilómetros dentro del mismo valle, esta vinícola se llama Paralelo (Figura 2.3.2.) y es asistida por el mismo personal.



Figura 2.3.2. Vinícola Paralelo.

El consumo del vino mexicano va a la alza, lo que conlleva a incursionar en el uso de nuevas tecnologías que disminuyan los costos de producción y satisfagan a los consumidores. El presente trabajo tuvo como objetivo el estudio de la caracterización de los compuestos fenólicos, así como de los compuestos volátiles y la diferenciación sensorial del vino tinto Merlot añejado en barricas vs chips de madera durante 6 meses.

3. Hipótesis

La concentración de compuestos fenólicos y volátiles será mayor en el vino añejado con chips de madera respecto al vino añejado en barricas, dando como resultado diferentes características sensoriales.

4. Objetivos

4.1. General

Estudio de los compuestos que inciden en los atributos sensoriales del vino tinto Merlot añejado con barricas vs chips madera.

4.2. Particulares

- Participar en la elaboración del vino tinto utilizando uvas de BC *Vitis vinífera* variedad Merlot.
- Caracterización de compuestos fenólicos durante el añejamiento del vino.
- Caracterización de compuestos volátiles durante el añejamiento del vino.
- Caracterización de compuestos extraíbles de la madera.
- Caracterización sensorial del vino tinto añejado en barrica vs chips de madera.
 - Prueba discriminativa sensorial del vino tinto añejado en barrica vs chips de madera.

5. Metodología

5.1. Diseño experimental

Después del trasiego, el vino estaba listo para someterse al proceso de añejamiento, es en este momento donde el vino se sometió a dos tratamientos: uno con barrica (GAUTHIER FRERÈS®, Francia) y el otro con chips de madera, ambos de roble francés, tostado intenso y de primer uso (nuevos).

El vino en barricas se añejó en la cava (Figura 5.1.1.) del viñedo Paralelo con las condiciones de humedad y temperatura típicas del proceso de añejamiento en barrica (80-90%Hr y 15-20°C), se tomaron muestras según la Tabla 5.1.1., este vino se embotelló (5 botellas) para poder realizar los análisis (Figura 5.1.2.).



Figura 5.1.1. Cava de viñedo Paralelo.

Tabla 5.1.1. Período de muestreo, para los análisis del vino añejado.

| Fecha de muestreo | Tiempo de añejamiento | | | | | |
|-------------------|-----------------------|------------|--------------|------------|------------|-----------------|
| | 0 días | 1 mes | 2 meses | 3 meses | 6 meses | 9 meses |
| | 12 de | 12 de | 12 de | 12 de | 12 de | 12 de |
| | Diciembre 2012 | Enero 2012 | Febrero 2012 | Marzo 2012 | Junio 2012 | Septiembre 2012 |

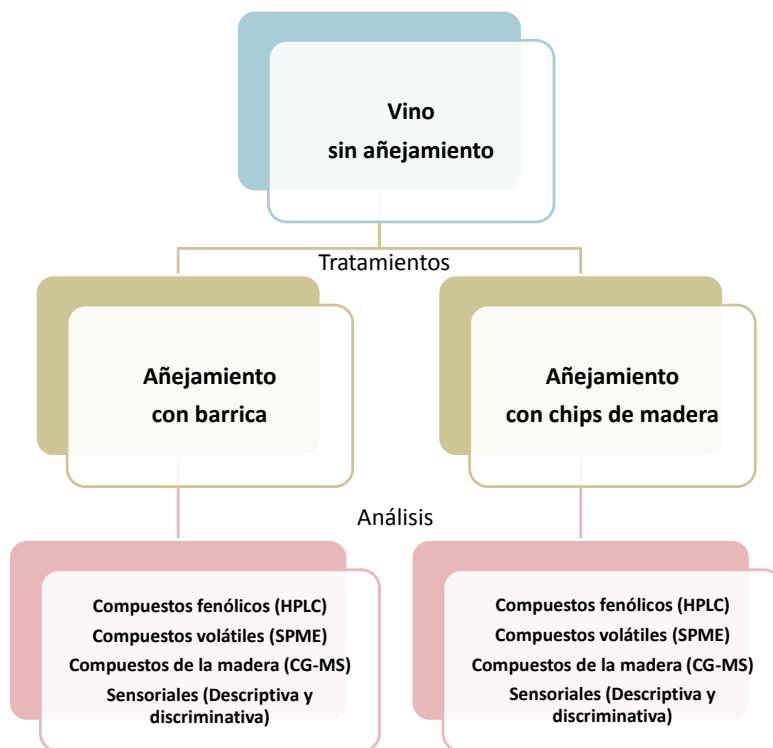


Figura 5.1.2. Acondicionamiento del vino y toma de muestras.

Para el añejamiento del vino con chips de madera, el vino se colocó en botellas verdes de vidrio de 750mL (Figura 5.1.3.), y se tomaron muestras según los tiempos de la Tabla 5.1.1., para de igual manera realizar los análisis correspondientes.



Figura 5.1.3. Botellas verdes de vidrio donde se colocó el vino con los chips de madera.

5.2. Vino empleado para la experimentación

El proceso de vinificación se llevó a cabo en el viñedo Paralelo, el vino que se utilizó para este estudio es varietal de la variedad Merlot.

El primer paso de la vinificación fue la recolección de la uva, ésta se llevó a cabo de una manera muy cuidadosa con el fin de potenciar la calidad de los vinos, los racimos llegaron a la bodega lo más intactos posible, ya que de no ser así podría producirse una fermentación alcohólica espontánea indeseable. Se aseguró una significativa ganancia en la calidad de la uva que llegó a la bodega, siendo los recipientes ideales las cajas de vendimia de pequeña capacidad (30 kg), hechas de plástico grado alimentario, estas cajas se apilaron unas sobre otras sin aplastar las uvas que contenían. Las cajas tenían el fondo perforado, para evitar apretar la uva para que quepa más, de esta forma se perdió el mosto por los orificios que llevan y en caso de que así fuera, evitó que este mosto de mala calidad entrara en la elaboración.

Las cajas de plástico funcionaron de recipiente primario donde se depositó la uva cortada, y así sin cambiar de recipiente llegaron a la parte superior del viñedo mediante una rampa que permite el acceso a éste, pudiéndose alimentar directamente con las mismas la primera máquina de procesado que es la despalladora-estrujadora, donde los racimos de uva fueron desgranados, se separó el raspón y los granos de uva fueron estrujados, de esta forma se obtuvo el mosto.

El mosto bajó desde la despalladora-estrujadora hasta los tanques de acero inoxidable de 5000L por medio de una manguera de plástico grado alimentario que tenía 10in de diámetro. Una vez encubado el mosto se realizó un primer proceso de sulfitado (se agregaron 100mg/L $K_2S_2O_5$) para garantizar que no se contaminara con microorganismo indeseables, el mosto permaneció en maceración por 1.5 días y la temperatura promedio fue de 22°C.

Una vez terminado el período de maceración se procedió a la inoculación del mosto, ésta se hizo con la cepa comercial "Levadura EC-1118", la cual se rehidrató con jugo del mismo mosto durante 45 minutos para poder garantizar la cantidad óptima de levadura activa en este proceso, la fermentación alcohólica duró un total de 5 días y el promedio de la temperatura fue de 22°C.

Al finalizar la fermentación alcohólica se procedió con remontajes y recirculación con ayuda de una bomba de diafragma, después se prensó mediante una prensa de madera y se sometió a una fermentación maloláctica espontánea, finalmente se sulfitó (sin exceder los 350mg/L de sulfurosos total permitidos por la NMX-V-012-NORMEX2005) y hubo un proceso de trasiego (Figura 5.2., Anexo A). Es en este punto del proceso donde el vino pasa a añejarse en barrica.



Figura 5.2. Diagrama del proceso de vinificación.

5.2.1. Pruebas fisicoquímicas

Acidez total

La acidez total de un vino se considera como la suma de los ácidos titulables cuando se le neutraliza por adición de una solución alcalina valorada. El ácido carbónico y el anhídrido sulfuroso libre y combinado no están comprendidos en la acidez total.

En un matraz Erlenmeyer de 500mL se colocaron 200mL de agua se añadieron unas gotas de fenolftaleína al 1% (p/v) como indicador y se valoró con disolución de hidróxido de sodio 0.1N hasta un color rosa suave, pero definido. Se añadieron al mismo matraz Erlenmeyer 5mL de vino y se valoró hasta el mismo color (NMX-V-012-NORMEX2005). La acidez valorable se expresa en ácido tartárico.

Acidez volátil

La acidez volátil está constituida por la parte de ácidos grasos pertenecientes a la serie acética que se encuentra en los vinos, ya sea en estado libre o de sal. Se determina mediante la separación de los ácidos volátiles por arrastre con vapor de agua y rectificación de los vapores. Se deben tomar precauciones para evitar la presencia de gas carbónico en el destilado. El anhídrido sulfuroso libre y combinado son arrastrados con el destilado y no deben comprenderse en la acidez volátil

Se colocaron 2mL del vino en un microdestilador (Labconco, USA), se destilaron aproximadamente 10mL, que se recibieron en 10mL de agua fría. Se trasvasa cuantitativamente el destilado a un matraz Erlenmeyer de 250mL, posteriormente se añadieron 3 gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló con una solución de NaOH 0.001N (NMX-V-012-NORMEX2005). La acidez volátil se expresa como ácido acético.

Sulfuroso total

Desde hace mucho tiempo el dióxido de azufre (SO_2) es usado como antiséptico en los vinos, mostos y en la desinfección de toneles y barricas de madera. Antiguamente el SO_2 se obtenía por combustión de azufre y el dosificarlo era complicado e inexacto. Actualmente la manera de agregar SO_2 es en forma de metabisulfito de potasio, como gas comprimido, o en solución de gas en agua.

Debido a los problemas de alergias que el SO_2 ocasiona en algunas personas sensibles, es importante saber la cantidad que se agrega a un vino, ya que cada país establece un límite máximo permitido. El sulfuroso es importante por su función antiséptica y antioxidante para la estabilidad y buena conservación del producto (Amerine y Ough, 1976; OIV, 2012).

Para realizar la cuantificación del sulfuroso total en el vino se requiere preparar las siguientes soluciones (NMX-V-012-NORMEX2005):

- NaOH 1N
- Solución de almidón al 2% (p/v): Disolver en agua fría y calentar (esta solución debe prepararse el mismo día de la determinación).
- H₂SO₄ 1:3 (95 % de pureza)
- Solución de yodo 0.02N. Para 1 L de solución, se disuelven 8 g de yoduro de potasio en 30mL de agua destilada, contenida en un matraz volumétrico de 1L. En la solución de yoduro se ponen 2.6-2.7g de yodo, pesados en balanza granataria y se dejan disolver en la solución de yoduro, agitando frecuentemente el matraz. Cuando la disolución de yoduro sea total, se diluye con agua destilada hasta el aforo. Después se procede a la titulación con una solución valorada de tiosulfato de sodio.

Se colocaron en un matraz 25mL de NaOH 1N y 25mL de vino, vertiéndolo por las paredes. Se tapó el matraz y se dejó reposar por 15 minutos. Se adicionaron 10mL de H₂SO₄ 1:3 y 5mL de solución de almidón al 2% (p/v). Se tituló con solución de yodo 0.05N hasta coloración azul permanente. El resultado se expresó como sulfuroso total.

Sulfuroso libre

Para realizar la cuantificación del sulfuroso libre en el vino fue necesario preparar las siguientes soluciones:

- Solución de almidón al 2% (p/v)
- H₂SO₄ 1:3 (v/v) (95% de pureza)
- Solución de yodo 0.02N

Inmediatamente después de haber destapado la botella de vino, se tomaron 25mL de muestra con pipeta volumétrica y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250mL, escurriéndolos por las paredes. Se adicionaron 5mL de H₂SO₄ 1:3, agitando suavemente para homogenizar la muestra. Se agregaron 5mL de una solución de almidón. Se tituló con la solución de yodo 0.02N hasta obtener una coloración azul (NMX-V-012-NORMEX2005). El resultado se expresó en sulfuroso libre.

Alcohol

El etanol es uno de los principales constituyentes del vino, el contenido alcohólico está íntimamente ligado al estado de madurez de las uvas y a la adición del alcohol que se hace en la elaboración de vinos generosos. La definición de la Organización Internacional de la Viña y el Viñedo (OIV) sobre grado alcohólico, establece que es igual al número de litros de alcohol etílico contenido en 100 litros de vino, medidos ambos volúmenes a 20°C. También se puede expresar la cantidad de alcohol en gramos por litro a la misma temperatura.

En un matraz de destilación de 100mL, se agregaron 25mL de vino con pipeta volumétrica después se añadieron 15mL de NaOH 1N y 10mL de agua destilada. Se

adicionaron 3 perlas para controlar la ebullición. La destilación se hizo con flama constante, se recogió en un picnómetro 20mL y aforó con agua destilada (NMX-V-012-NORMEX2005). El grado alcohólico se determinó por densimetría. Posteriormente se buscó el valor de la gravedad específica en las Tablas del AOAC, para conocer el dato exacto de % de etanol en el vino tinto.

Compuestos fenólicos totales

Los compuestos fenólicos son importantes por diversas razones: proporcionan el color al vino, tienen un sabor astringente, posiblemente son la causa de los olores picantes, son una reserva para la reducción del oxígeno y dan origen al pardeamiento del sustrato (Amerine y Ough, 1976).

Para realizar la medición de fenoles totales se requirió preparar las siguientes soluciones:

- Disolución de carbonato de sodio (20%). Se disolvieron 200g de carbonato de sodio anhidro en 1 litro de agua recientemente hervida y enfriada a temperatura ambiente.
- Disolución patrón de fenol (500mg/L). En un matraz volumétrico de 100mL se disolvieron en agua 0.500g de ácido gálico.

Posteriormente para trazar la curva de calibración se midieron volúmenes de: 2.0, 3.0, 5.0 y 10.0mL de disolución patrón de fenol, en otros tantos matraces volumétricos de 100mL y se llevaron al aforo con agua. La concentración de fenol de estas disoluciones (expresada como ácido gálico) es de 0, 50, 100, 150, 250 y 500 mg/L.

De cada dilución se tomó 1mL y se vertieron en el correspondiente matraz volumétricos de 100mL; se añadieron a cada uno 60mL de agua, se agitaron, se les añadieron después 5mL de reactivo de Folin-Ciocalteu y se mezclaron bien; después de 30 segundos, se adicionaron 15mL de disolución de carbonato de sodio al 20% (p/v), se mezcló todo y se aforaron con agua. Se midió la absorbancia a 765nm, se graficó la absorbancia contra la concentración (Amerine y Ough, 1976).

Azúcares Reductores

El jugo de uva madura contiene entre 15 y 25% de azúcares, la mayoría de estos corresponden a glucosa y fructosa en cantidades prácticamente iguales. El resto está constituida por pentosas, tales como la arabinosa, xilosa y ramnosa, en cantidades que van de 0.05 0.15%, la sacarosa ocupa del 0.1 al 0.4% (Amerine y Ough, 1976).

La determinación de azúcar en los mostos constituye un análisis fundamental de la materia prima, en la determinación de la época de cosecha, en la comercialización y es una guía de los tipos de vinos a obtener por su grado alcohólico.

La legislación mexicana autoriza la adición de sacarosa hasta en un 5%, para suplir las deficiencias en el contenido de azúcar de aquellas uvas que no alcanzan la madurez óptima por razones de clima, suelo, variedad, etc.

- Determinación del factor de Fehling

Se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250mL, 10mL del reactivo de Fehling exactamente medidos. Se agregaron 30mL de agua destilada y 3 perlas de ebullición, se agitó con cuidado para homogenizar. Se calentó el matraz sobre una tela de asbesto y con llama suave. Cuando el reactivo de Fehling comenzó a hervir, se agregó desde una bureta la solución de glucosa al 0.5% (p/v), a razón de dos o tres gotas por segundo, cuidando que la ebullición no se interrumpa durante la titulación. Cuando se acercó el punto final de la titulación, el líquido adquirió una coloración amarillo canario (Amerine y Ough, 1976).

Para la titulación del reactivo de Fehling se empleó un patrón de glucosa al 0.5% (p/v). Se pesaron 0.5g de glucosa pura y desecada en estufa a 70°C hasta que se disolvió en agua destilada y se completó el volumen a 100mL, el resultado se expresó en azúcares residuales.

- Titulación de la muestra problema

Las muestras de vino debieron estar libres de toda sustancia que no sean carbohidratos, por lo que fue necesario defecar la muestra.

Para la defecación de la muestra se colocó una alícuota de vino conocida, que dependerá de la cantidad de carbohidratos esperada. Vinos dulces de 5 a 10mL, y vinos tintos 30mL. Se adicionaron 10mL de solución al 10% (p/v) de subacetato de plomo (II). Se agitó el matraz y se dejó precipitar el sistema, se aforó con agua destilada y se dejó sedimentar 5 minutos, posteriormente se filtró. El filtrado se colocó en la bureta y se tituló de manera similar a la valoración del reactivo de Fehling.

Tostado de los chips

El tostado intenso de los chips de madera se llevó a cabo utilizando la metodología sugerida por Jordão *et al.* (2006) de la cual únicamente se modificó el tiempo durante el cual se realizó el tostado, quedando el proceso de tostado con las siguientes especificaciones; se utilizaron chips de madera con dimensiones de 1cm x 1cm x 1cm, estos fueron sometidos a un tostado por convección durante 15 minutos a una temperatura entre 250-260°C, en un horno eléctrico marca Toastmaster®, modelo TOV350WMX (hecho en China).

5.3. Técnicas analíticas

5.3.1 Separación y caracterización de compuestos

5.3.1.1. Compuestos fenólicos

Para la caracterización y cuantificación de los compuestos fenólicos se realizó un análisis por Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC). Se utilizó el equipo Agilent™ serie 1200, con desgasificador y detector de arreglo de diodos y con inyector automático. Los disolventes tenían una pureza $\geq 99\%$ (Sigma-Aldrich®, EUA) y éstos se pasaron a través de un filtro de 0.4 micras de diámetro.

Se utilizó el método del estándar externo mediante curvas estándar con compuestos puros (Sigma Aldrichic®) y la metodología de Bonerz *et al.* (2008) la cual fue ajustada, quedando las siguientes condiciones.

Las condiciones de trabajo con las modificaciones fueron:

- Longitudes de onda del detector 260 y 280nm
- Temperatura de la columna fue de 25°C
- Los eluyentes (Merk®, grado HPLC) fueron: A) agua/ ácido acético 98:2 (v/v) y B) metanol. Los eluyentes se filtraron con membranas de teflón de 0.4 micras.
- El gradiente fue: 10% B constante durante 4 minutos, 4-40 minutos aumenta a 60% y 40-50 minutos disminuye a 10%
- Flujo de 0.8mL
- La duración de del análisis fue de 55 minutos

5.3.1.2. Compuestos volátiles

La identificación de los compuestos volátiles se llevó a cabo mediante la técnica de Micro Extracción en Fase Sólida (SPME), las condiciones son las propuestas por Supelco-SIGMA ALDRICH™ (Aplicación No. 97-0191). Se tomaron 20mL de vino con pipeta volumétrica, se colocaron en viales de 60mL y se agregaron 5g de NaCl, posteriormente se sellaron los viales, estos se calentaron a baño María a 40°C durante los 10 minutos de exposición de la fibra en el espacio de cabeza (Figura 5.3.1.2.1.).

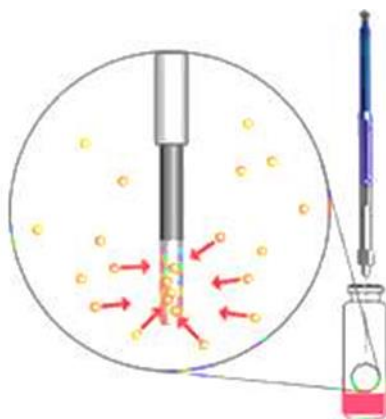


Figura 5.3.1.2.1. Proceso de microextracción en fase sólida (SPME) acoplada a la técnica de espacio de cabeza.

Se utilizó una fibra de SPME SIGMA ALDRICH TM, de color gris (50/30 μ m) de Divinilbenceno/Carboxeno sobre Polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) (Figura 5.3.1.2.2.). El análisis se hizo en un cromatógrafo de gases Agilent™ 6890 Plus (USA), para la identificación de los compuestos se utilizó un detector de masas (G-MS), mientras que la cuantificación se llevó a cabo con un detector de ionización de flama (G-DIF).

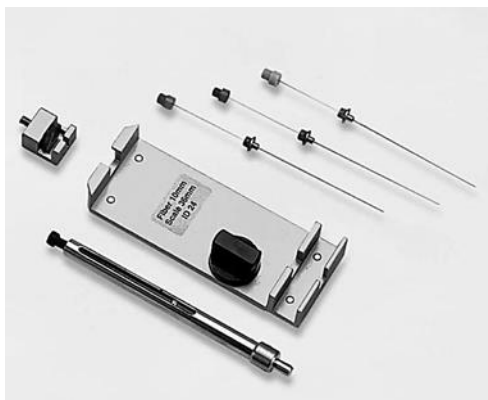


Figura 5.3.1.2.2. SPME SIGMA ALDRICH TM, de color gris (50/30 μ m) de Divinilbenceno/Carboxeno sobre Polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS).

Las condiciones de trabajo del cromatógrafo (CG-MS):

- Temperatura del inyector 290° C
- Columna capilar HP-5 (30mx0.25mmx0.25 μ m)
- Gas acarreador helio
 - Modo de operación Splitless
- Rampa: Temperatura inicial de 40°C por dos minutos, con un gradiente de 10°C por minuto hasta llegar a 250°C y se mantuvo a esa temperatura por 2 minutos
- Temperatura del detector 250°C

Las condiciones de trabajo del cromatógrafo (G-DIF):

- Temperatura del inyector 290° C
- Columna capilar HP-5 (30mx0.25mmx0.25µm)
- Gas acarreador nitrógeno
 - Splitless
- Rampa: Temperatura inicial de 40°C por dos minutos, con un gradiente de 10°C por minuto hasta llegar a 250°C se mantuvo a esa temperatura por 2 minutos
- Temperatura del detector 250°C

5.3.1.3. Compuestos extraíbles de la madera

La caracterización de compuestos extraíbles de la madera se realizó mediante la técnica propuesta por Espitia (2011). Primero se midieron 50mL de vino con pipeta volumétrica y se agregaron 5g de Na₂SO₄, y 5mL de CH₂CL₂, se separó la fase orgánica y se adicionaron otros 5mL de CH₂CL₂, nuevamente se separó la fase orgánica, se juntaron ambas fases orgánicas y el volumen obtenido se redujo burbujeando con N₂ gaseoso hasta 1/10 del volumen inicial. Se reunieron 3 extractos y burbujearon una vez más con N₂ para reducir el volumen, hasta un total de 1/3 del volumen inicial.

La separación de los compuestos extraíbles de la madera, se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases Agilent™ 6890 (USA) con un detector de ionización de flama (G-DIF), para la identificación de los compuestos se utilizó un cromatógrafo de gases similar acoplado a un detector de masas (G-MS), con la biblioteca NIST Mass Spectral Library Revisión D0.05.01 y el GS-MS Agilent™ 6890N (USA). Para cada extracto de vino el volumen inyectado fue de 2µL.

Las condiciones de trabajo del cromatógrafo (CG-MS):

- Temperatura del inyector 250°C
- Temperatura del detector 200°C
- Columna capilar H-P5HS (30mx0.25mmx0.25µm)
- Gas acarreador helio
 - Modo de operación Split 1:10
- Rampa: Temperatura inicial de 40°C, con un gradiente de 10°C por minuto hasta llegar a 250°C
- Energía de ionización para el detector de masas 70eV
- Inyección: Automática

Las condiciones de trabajo del cromatógrafo (CG-DIF):

- Temperatura del inyector 250°C
- Temperatura del detector 200°C
- Columna capilar H-P5 (30mx0.25mmx0.25µm)
- Gas acarreador nitrógeno
 - Modo de operación Split 1:10
- Rampa: Temperatura inicial de 40°C, con un gradiente de 10°C por minuto hasta llegar a 250°C
- Inyección: Manual

5.3.2. Análisis sensorial

5.3.2.1. Reclutamiento y selección de jueces

Se elaboró un cartel informativo (Anexo B), para dar a conocer el tiempo de duración del panel sensorial y se hizo una cita con los interesados donde se llenó un cuestionario (Anexo C) para conocer que personas eran las más aptas y con la mejor disposición para pertenecer al panel sensorial.

En la selección inicial se aplicó una prueba analítica de sensibilidad (Lawless & Heymann, 2010, ISO 8586-1:1993) para la selección de jueces, la cual era de reconocimiento de sensaciones (Anexo D).

Se presentaron soluciones estándar definidas con concentraciones supraumbral, para determinar si los jueces las pueden identificar (Tabla 5.3.2.1.1.).

Tabla 5.3.2.1.1. Concentraciones supra umbral de los estándares utilizados en la prueba de sensibilidad.

| Compuesto | Olor Característico | Umbral de Olor (mg/L) |
|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Benzaldehído | Almendras | 15 |
| Vainillina | Vainilla | 100 |
| Butirato de etilo | Piña | 15 |
| Linalol | Lima-Limón | 0.5 |
| Hexanal | Manzana Verde | 20 |

Posteriormente, se realizó una prueba de umbral de olor (Lawless & Heymann, 2010, ISO 8586-1:1993), con la cual continuó la selección de las personas que fueron parte del panel sensorial. Se eligió un reactivo que tuviera el olor característico de vino tinto (caproato de etilo), se determinó un intervalo de concentraciones del estímulo alrededor del umbral esperado y se incluyeron concentraciones subumbral y

supraumbral (Tabla 5.3.2.1.2.). Se prepararon una serie de soluciones con diferente concentración que dan estímulo en el rango especificado (Anexo E).

Tabla 5.3.2.1.2. Concentraciones de caproato de etilo para la prueba de umbral de olor.

| Umbral identificado | Concentraciones (mg/L) |
|--------------------------|------------------------|
| Umbral de identificación | 0.292 |
| Umbral de detección | 0.58 |
| Supraumbral | 1.17 |

La última prueba de selección fue una prueba discriminativa triangular (Lawless & Haymann, 2010; Pedrero & Pangborn, 1989, ISO 8586-1:1993), ésta prueba sirve para determinar si existe diferencia sensorial perceptible entre dos muestras, comparando tres muestras a la vez, de las cuales dos son iguales entre sí y la otra es diferente (Anexo F).

El panel sensorial estuvo integrado por 22 jueces, éstos fueron entrenados en las técnicas de cata, Análisis Cuantitativo Descriptivo (QDA) y prueba triangular discriminativa, para así poder evaluar el vino.

Cata de vinos

Para poder realizar el análisis sensorial del vino, fue necesario impartir la estrategia de cata para asegurar su correcta ejecución, donde son dos las principales vías para las que se evalúa: en nariz y en boca. Durante la selección, entrenamiento y evaluación del vino se utilizaron copas apegadas a las especificaciones sugeridas por la ISO 8586-1:1993 (Figura 5.3.2.1.1.).



Figura 5.3.2.1.1. Copa con las especificaciones oficiales para la técnica de cata de vino.

La nariz del vino

El análisis de la nariz del vino se divide en tres etapas.

El primer contacto olfativo con el vino. El catador se inclinó sobre la copa e inhaló los primeros olores (Figura 5.3.2.1.2.). Por una parte, esto permitió garantizar que el vino no se contamine con olores no deseables, y por otra, percibir los olores volátiles del vino que desaparecen rápidamente al servirlo. Esta etapa nos da una idea de la personalidad aromática del vino.



Figura 5.3.2.1.2. El primer contacto olfativo con el vino.

La segunda nariz amplía la exploración olfativa del vino y busca identificar su personalidad aromática. Para ello el catador toma la copa por el pie y le imprimió un movimiento de rotación para oxigenar el vino y acelerar la volatilización de sus diferentes componentes aromáticos (Figura 5.3.2.1.3.). Luego inhaló varias veces, introduciendo la nariz en la copa por unos segundos. En esta etapa se puede juzgar la

fuerza, la intensidad y la riqueza de la nariz, al tiempo que trata de identificar los diferentes olores que la componen.



Figura 5.3.2.1.3. Movimiento de rotación que el catador hace por el pie de la copa para oxigenar el vino.

La tercera nariz es la expresión del vino tras una larga oxigenación en la copa. Los diferentes componentes aromáticos, en contacto con el aire, evolucionan de forma distinta según el grado de volatilidad de cada uno. Se volvió a introducir la nariz en la copa, sin agitarla, luego de que ésta reposó en la mesa (Figura 5.3.2.1.4.). Así el catador notó la evolución de los aromas, su persistencia y su intensidad.



Figura 5.3.2.1.4. El catador vuelve a introducir la nariz en la copa, sin agitarla, luego de que permanece en reposo en la mesa.

Degustar

El término ataque corresponde a la primera impresión que el vino hace surgir en la lengua cuando el catador toma un pequeño trago. El catador percibió la temperatura y la posible presencia de gas y se formó una idea de la personalidad gustativa del vino. Un ataque de calidad debe ser franco, claro, preciso, aunque también puede resultar amplio, aromático afrutado. Si este primer contacto no produjo ninguna sensación en el catador, el ataque se calificó de débil, huidizo, acuoso o, por el contrario, de agresivo cuando provocó una reacción gustativa fuerte y desagradable.

La evolución. Esta etapa corresponde al florecimiento del vino en la boca. El catador hizo girar un trago de vino en la boca durante algunos segundos, como si lo “masticara”, luego inhaló un poco de aire por la boca para acelerar el viaje de las moléculas aromáticas hacia el bulbo olfativo a través de la vía retronasal. En esta etapa el catador captó todos los sabores y los olores, la textura y la estructura inherentes al vino.

El final. Esta última etapa corresponde a la persistencia aromática del vino en la boca, “o duración en boca”, una vez que éste ha sido tragado. Da una idea de la grandeza del vino. Entre más larga la persistencia, mejor será la calidad del vino. También puede describirse como prolongado o persistente. En caso contrario se llama inexistente, fugaz, breve o corto. La dificultad consiste en no confundir la persistencia aromática con las sensaciones generadas por la acidez, el alcohol o los taninos, que a menudo tienden a ocultarla. Lo más sencillo es concentrarse en el vino dominante y una vez tragado el vino, seguirlo hasta que desaparezca (Larousse del Vino 2007).

5.3.2.2. Análisis Cuantitativo Descriptivo (QDA)

Los pasos para realizar el análisis fueron (ISO 8586-1:1993):

- Se seleccionaron las personas que integraron el panel sensorial de evaluación
- Se desarrollaron las listas de términos descriptivos y por consenso se seleccionaron los que se evaluaron
- Los jueces se entrenaron en el uso de la escala y en la evaluación sensorial del producto
- Se realizaron las evaluaciones del vino con ambos añejamientos en barrica y con chips

Desarrollo de términos descriptivos

Este análisis consiste en generar por consenso un vocabulario de términos que identifique todas las características sensoriales con posibilidad de estar presentes en el material de estudio. Los términos se generan en sesiones con todos los jueces coordinados por un líder del panel que no participará en la evaluación, en estas sesiones se contará con muestras del mismo tipo de producto que se va a evaluar, así como posibles referencias que se vayan requiriendo al generar los términos descriptivos, para esta sección se utilizó el kit “Debroise, Véronique Voyage Olfactif dans les vignobles de vins rouges” (Ediciones Debroise, Francia 2007).

De acuerdo a Piggot & Caraway (1981) el vocabulario debe cumplir con dos requisitos fundamentales:

- Debe ser lo suficientemente extenso para describir de la manera más completa al material de estudio, pero no demasiado largo para causar fatiga sensorial al momento de evaluar.
- El significado de cada término debe ser definido con precisión, idealmente por un material o sustancia pura como referencia.

Entrenamiento

En el entrenamiento se deben cubrir dos aspectos, siendo uno de ellos el conseguir que para todos los jueces el término descriptivo tenga el mismo significado,

lo que lleva a una precisa identificación del estímulo asociado al descriptor. El entrenamiento es un proceso mediante el cual los integrantes del panel sensorial logran el alineamiento de sus conceptos (O'Mahony, 1991). En los estudios de la formación de conceptos sensoriales se menciona que están involucrados dos procesos: la abstracción y la generalización; en el primero, el individuo reconoce un concepto sensorial al relacionarlo con algún objeto que se le presenta, como pueden ser estándares para cada descriptor. En el proceso de generalización el individuo logra reconocer el concepto sensorial dentro de algún objeto sin necesidad de compararlo directamente con otro que también lo contenga. El otro aspecto que debe cubrir el entrenamiento es la utilización de la escala que permita la cuantificación de todos los atributos sensoriales considerados.

Evaluación

Se les presentaron a los jueces los vinos debidamente identificados y un cuestionario donde se indicó la cuantificación de cada atributo. Se realizaron por duplicado para poder evaluar estadísticamente las diferencias entre el vino añejado con chips y el vino añejado con barrica y los posibles efectos de interacción.

5.3.2.3. Prueba Discriminativa Triangular

Se realizó una prueba discriminativa triangular (Lawless & Haymann, 2010; Pedrero & Pangborn, 1989) para determinar si existe diferencia sensorial perceptible entre dos muestras, comparando tres muestras a la vez, de las cuales dos son iguales entre sí y la otra es diferente (Anexo G). El análisis de la información generada por la prueba triangular está basada en que la probabilidad de escoger la prueba correcta sólo por casualidad es de 33.3% ($p=1/3$). Debido a que se trata de una prueba donde el resultado es la decisión forzada y respuesta única, este comportamiento se ubica en la región de significancia de una sola cola en la distribución normal (ISO 4120:2004(E); Lawless & Heymann, 2010).

5.3.3. Análisis de Datos (Quimiometría)

Los métodos exploratorios se aplican para observar tendencias en datos que indican relaciones entre las muestras y variables (Brereton, 2010; Ferrer-Gallego *et al.*, 2011). Se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) al analizar los datos para el reconocimiento de patrones. La primera matriz de datos se compone no sólo de las puntuaciones de las muestras sino también de las concentraciones de los compuestos y la segunda de las puntuaciones de las muestras y los atributos sensoriales. También se realizó un análisis de varianza (Gutiérrez-Pulido & De la Vara-Salazar, 2008) con dos factores (tiempo: 0, 1, 2, 3 y 6 meses, y el proceso de añejamiento: chips y barrica) para determinar si existen diferencias significativas ($p=0.05$) entre la cantidad de compuestos cuantificados y los descriptores sensoriales, el paquete de software utilizado fue STATGRAPHICS Centurion XVI Versión 16.1.18 para Windows (StatPoint Technologies Inc.).

6. Resultados y discusión

6.1. Vinificación

El rendimiento del proceso de vinificación fue partiendo de 6 toneladas de racimos en la recepción y después del estrujado de 5000L. El vino de estudio en esta empresa se utiliza para hacer ensambles (mezclas), para las diferentes marcas que se comercializan.

Una vez clarificado el vino se tomó una muestra de 50L para efectuar los experimentos y análisis en la Universidad Autónoma Metropolitana-I.

6.1.1. Pruebas fisicoquímicas

Las pruebas fisicoquímicas aportan información de cómo evolucionará el vino durante el añejamiento, también es importante realizar estas pruebas para saber si tienen los parámetros típicos de los vinos destinados a ser añejados en barricas.

Es importante que los valores de acidez total y volátil se encuentren entre los rangos señalados por la norma NMX-V-012-NORMEX2005 (Tabla 6.1.11) debido a que éstos aumentarán durante el proceso de añejamiento en barrica. Se puede ver que el vino de este estudio cumple con estos parámetros (Tabla 6.1.11). El aumento del ácido acético (acidez volátil) proveniente de la oxidación del etanol, es uno de los valores que deben ser tomados en cuenta antes de decidir añejar un vino en barrica porque el aumento de este compuesto dará al vino un aroma no deseado, esto sucede cuando la concentración del ácido acético es mayor a 1.5g/L y llega al umbral de aroma (NMX-V-012-NORMEX2005).

La concentración del SO₂ del vino que será sometido al proceso de añejamiento en barrica debe encontrarse entre los rangos señalados por la norma la NMX-V-012-NORMEX2005 como se puede observar en la Tabla 6.1.1. Este compuesto ayudará a evitar que el vino sea atacado por microorganismos no deseables tales como *Brettanomyces* o *Acetobacter*. Los valores de sulfuroso total y libre disminuirán durante el proceso de añejamiento y de estabilización (Figura 6.1.1.) debido a las formas en las que reaccionan y se ligan a los compuestos como los polifenoles y los compuestos volátiles funcionando como antioxidantes. Aunque al inicio del añejamiento el valor del sulfuroso libre fue de 64mg/L y se encuentre por encima del valor señalado por la NMX-V-012-NORMEX2005 (50mg/L), este valor deberá estar dentro del rango señalado por la normal al finalizar el añejamiento.

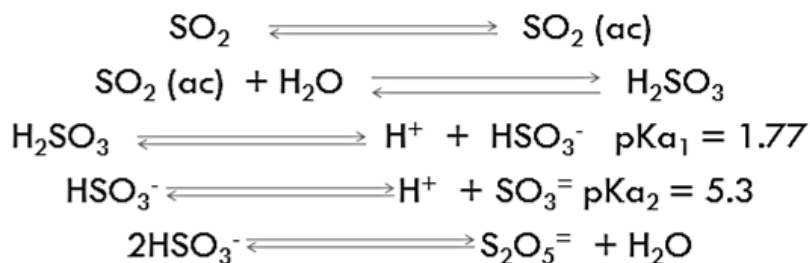


Figura 6.1.1. Equilibrios en los que está involucrado el SO₂ en los vinos (Reyes *et al.*, 1992).

Es importante conocer la concentración compuestos fenólicos ya que éstos proporcionarán un efecto antioxidante de los compuestos volátiles que dan los aromas característicos del vino tino (Schumacher *et al.*, 2013). La concentración de los compuestos fenólicos fue de 592.5ác. gálico mg/L y está dentro de los valores señalados por la norma NMX-V-012-NORMEX2005 (190-1300ác. gálico mg/L) de un vino tinto.

La concentración del etanol en el vino tinto debe estar dentro de los parámetros normados, se ha encontrado que el nivel de alcohol del vino favorece la extracción de compuestos volátiles de las barricas (Grade *et al.*, 2006). El valor de alcohol de este vino está dentro de lo señalado (NMX-V-012-NORMEX2005) (Tabla 6.1.1.).

Es importante conocer la cantidad de azúcares residuales que hay en el vino antes de comenzar el añejamiento en barrica ya que podrían ser fermentadas y se obtendría un perfil sensorial diferente al esperado cuando se termine el añejamiento en barrica. La cantidad de azúcares residuales en el vino de estudio lo clasifica como un vino “seco” (NMX-V-012-NORMEX2005) es decir que contiene muy pocos azúcares residuales, con el resto de parámetros fisicoquímicos estudiados se puede indicar que este vino es apto para el añejamiento en barrica.

Tabla 6.1.1. Resultados de las pruebas fisicoquímicas del vino tinto Merlot sin añejamiento en madera (promedio por triplicado).

| Prueba | Resultados | | |
|--|-------------------|---------------------|------------------|
| | Valores iniciales | Desviación Estándar | Referencia |
| Acidez total (ác. tartárico. g/L) | 3.45 | 0.115 | 3.5-8 |
| Acidez volátil (ác. acético g/L) | 0.42 | 0.115 | 1.5 (máximo) |
| Sulfuroso libre (SO ₂ mg/L) | 64 | 0.057 | 50 (máximo) |
| Sulfuroso total (SO ₂ mg/L) | 102.4 | 0.057 | 350 (máximo) |
| Fenoles totales (ác. gálico mg/L) | 592.5 | 0.163 | 190-1300 |
| Alcohol (% v/v) | 11.72 | 0.052 | 10-14 |
| Azúcares residuales (g/L) | 3.5 | 0.057 | 0-50 (vino seco) |

6.2. Tostado de los chips

El principal efecto del tostado se dio en la pérdida de peso de los chips, los cuales mermaron hasta dos tercios de su peso original como se muestra en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Peso de los chips de madera antes y después del proceso de tostado.

| Peso antes del tostado (g) (1cm X 1cm X 1cm) | Peso después del tostado (g) (1cm X 1cm X 1cm) |
|---|---|
| 0.9764 | 0.3018 |
| 0.9002 | 0.2904 |
| 0.9981 | 0.3393 |

En la Figura 6.2.1. se muestra la apariencia de los chips de madera sin tostar y en la Imagen 6.2.2. provocó los chips después de someter los al proceso de tostado intenso. El tostado permitió que la beta de la madera se abriera y tostara, lo cual permitió el contacto directo entre el vino y la madera.



Figura 6.2.1. Chips de madera para añejamiento de vino antes del tratamiento de tostado intenso.



Figura 6.2.2. Chips de madera para añejamiento de vino después del tratamiento de tostado intenso.

6.3. Separación y caracterización de compuestos

6.3.1. Compuestos fenólicos

El añejamiento del vino tinto en barrica es una práctica que se ha extendido en las zonas productoras de vino en el mundo. Durante el añejamiento en barrica, ocurren diversas modificaciones importantes en el vino, que aumentan la estabilidad y mejoran sus características sensoriales, entre estas transformaciones destacan: la clarificación espontánea, la eliminación de CO₂, la lenta y continua difusión de oxígeno a través de los poros de la madera, y por supuesto la transferencia de compuestos de la barrica al vino (del Álamo *et al.*, 2008). También se busca un sabor de madera en el vino obtenido a partir de los compuesto extraíbles de la barrica, como la vainillina, el eugenol, lactónas, elagitaninos, etc.

Durante el proceso de añejamiento en barrica se observa una disminución del contenido fenólico en el vino debido a la condensación y polimerización entre los polifenoles, que dan lugar a una disminución de la astringencia del vino (del Álamo *et al.*, 2008).

Los compuestos fenólicos del vino fueron separados y caracterizados, las mediciones se hicieron por triplicado para cada muestra (Tabla 6.3.1., Figura 6.3., Anexo G). Con el fin de explorar el comportamiento general y las interrelaciones entre las variables del estudio del vino bajo las dos condiciones de añejamiento (chips y barrica), se realizó un ACP donde el Componente Principal 1 (CP1) explicó el 61,3% de la variabilidad y el Componente Principal 2 (CP2) el 22,7%. La Figura 6.3.1. muestra la proyección de los datos en dos dimensiones (CP2 vs CP1), tanto para las puntuaciones obtenidas de las muestras analizadas, como para los coeficientes (vectores) que indican la contribución de las variables (compuestos fenólicos) en cada componente principal.

Tabla 6.3.1. Concentraciones (mg/L) y tiempos de retención de los compuestos fenólicos de un vino tinto Merlot añejado durante 0, 1, 2, 3 y 6 meses, con chips y en barrica .Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos de añejamiento de forma vertical ($\alpha=0,05$) y las minúsculas significativas entre el tiempo de añejamiento de forma horizontal ($\alpha=0,05$).

| Compuestos fenólicos | Tiempo de retención (min) | Tratamiento | Tiempo de añejamiento | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | 0 Meses | 1 Mes | 2 Meses | 3 Meses | 6 Meses |
| Ác. Gálico | 6.19 | Chips | 0.462 ^a | 0.330 ^{Ab} | 0.375 ^{Bb} | 0.321 ^{Ab} | 0.323 ^{Ab} |
| | | Barrica | | 0.319 ^{Ab} | 0.333 ^{Ab} | 0.305 ^{Ab} | 0.333 ^{Ab} |
| Catequina | 15.59 | Chips | 1.274 ^a | 1.173 ^{Ab} | 1.551 ^{Bb} | 1.157 ^{Bb} | 1.112 ^{Ab} |
| | | Barrica | | 1.076 ^{Ab} | 1.067 ^{Ab} | 1.034 ^{Ab} | 1.094 ^{Ab} |
| Ác. <i>p</i> -hidroxibenzóico | 17.29 | Chips | 0.023 ^a | 0.075 ^{Bb} | 0.097 ^{Bb} | 0.065 ^{Ab} | 0.069 ^{Ab} |
| | | Barrica | | 0.045 ^{Ab} | 0.048 ^{Ab} | 0.052 ^{Ab} | 0.064 ^{Ab} |
| Ác. cafeico | 19.12 | Chips | 0.072 ^a | 0.456 ^{Aa} | 0.347 ^{Aa} | 0.439 ^{Aa} | 0.483 ^{Aa} |
| | | Barrica | | 0.417 ^{Aa} | 0.418 ^{Aa} | 0.429 ^{Aa} | 0.441 ^{Aa} |
| Epicatequina | 22.81 | Chips | 0.487 ^a | 1.941 ^{Ab} | 2.012 ^{Ab} | 1.876 ^{Ab} | 2.080 ^{Ab} |
| | | Barrica | | 1.293 ^{Ab} | 1.329 ^{Ab} | 1.346 ^{Ab} | 1.590 ^{Ab} |
| Ác. Sirínigico | 23.87 | Chips | 0.026 ^a | 0.211 ^{Ba} | 0.259 ^{Ba} | 0.23 ^{Ba} | 0.284 ^{Ba} |
| | | Barrica | | 0.325 ^{Aa} | 0.311 ^{Aa} | 0.311 ^{Aa} | 0.247 ^{Aa} |
| Vainillina | 25.37 | Chips | 0.034 ^a | 0.147 ^{Ba} | 0.161 ^{Ba} | 0.077 ^{Aa} | 0.088 ^{Ab} |
| | | Barrica | | 0.052 ^{Aa} | 0.05 ^{Aa} | 0.082 ^{Aa} | 0.087 ^{Ab} |
| Ác. Ferúlico | 29.24 | Chips | 0.124 ^a | 0.55 ^{Ab} | 0.594 ^{Bb} | 0.518 ^{Ab} | 0.483 ^{Ab} |
| | | Barrica | | 0.516 ^{Ab} | 0.508 ^{Ab} | 0.494 ^{Ab} | 0.483 ^{Ab} |
| Resveratrol | 35.22 | Chips | 0.008 ^a | 0.005 ^{Ab} | 0.005 ^{Ab} | 0.005 ^{Ab} | 0.005 ^{Ab} |
| | | Barrica | | 0.005 ^{Ab} | 0.005 ^{Ab} | 0.005 ^{Ab} | 0.005 ^{Ab} |
| Ác. <i>p</i> -cumárico | 36.40 | Chips | 0.067 ^a | 0.288 ^{Aa} | 0.359 ^{Aa} | 0.396 ^{Aa} | 0.379 ^{Aa} |
| | | Barrica | | 0.201 ^{Aa} | 0.257 ^{Aa} | 0.275 ^{Aa} | 0.303 ^{Aa} |
| Eugenol | 43.16 | Chips | 0.00063 ^a | 0.00068 ^{Aa} | 0.00063 ^{Aa} | 0.00061 ^{Aa} | 0.00063 ^{Aa} |
| | | Barrica | | 0.00073 ^{Aa} | 0.00058 ^{Aa} | 0.00056 ^{Aa} | 0.00056 ^{Aa} |

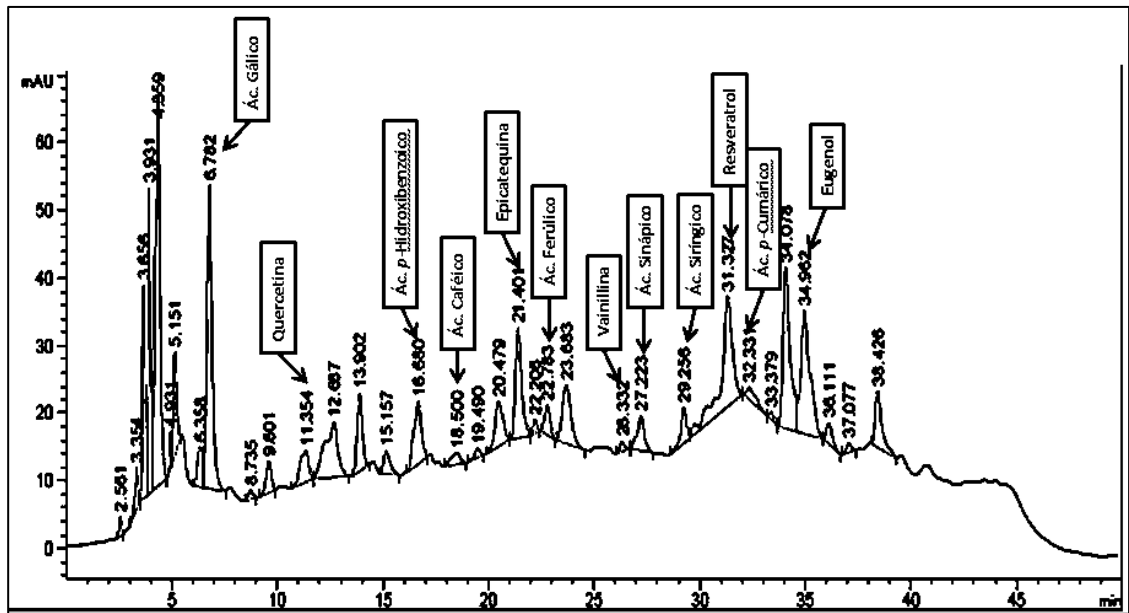


Figura 6.3. Cromatograma obtenido para la identificación y cuantificación de los compuestos fenólicos.

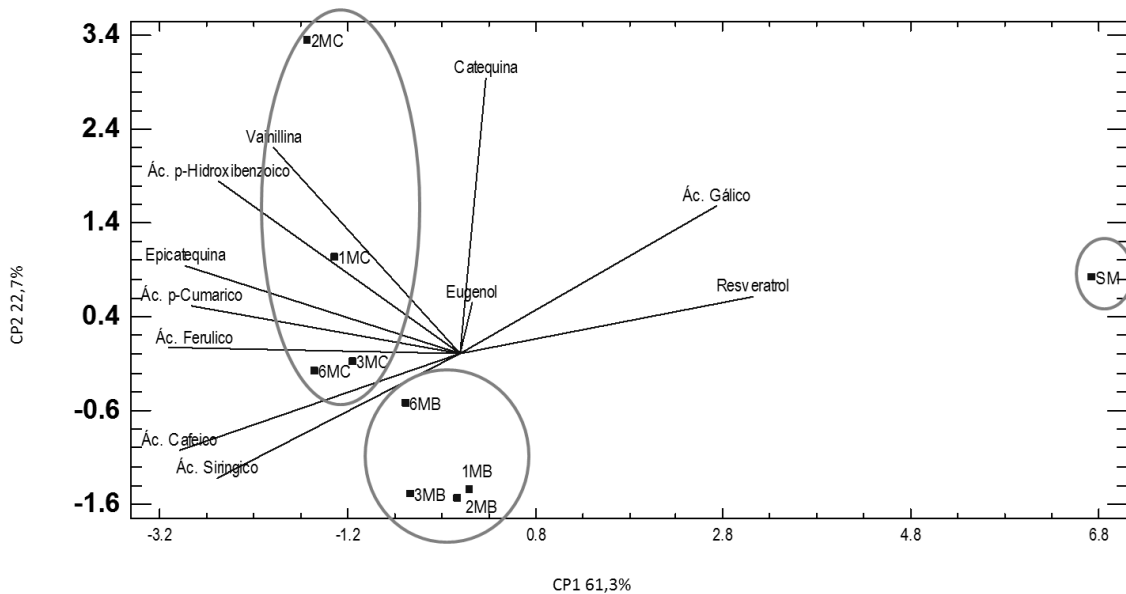


Figura 6.3.1. Representación de las muestras en el diagrama de puntuaciones en el plano definido por CP1 y CP2 de los compuestos fenólicos identificados y cuantificados. Sin Madera (SM), 1 Mes con Barrica (1MB), 2 Meses con Barrica (2MB), 3 Meses con Barrica (3MB), 6 Meses con Barrica (6MB), 1Mes con Chips (1MC), 2 Meses con Chips (2MC), 3 Meses con Chips (3MC), 6 Meses con Chips (6MC).

El CP1 permitió separar al vino sin madera de los vinos añejados por ambos métodos; también refleja que tanto el resveratrol como el ácido gálico se presentaron en mayor concentración en el vino sin contacto con madera, y estos compuestos disminuyeron en los dos tipos de añejamiento mientras se incrementaron la mayoría de los otros compuestos fenólicos, con excepción de eugenol y catequina. El CP2 permitió separar las muestras añejadas con chips de las añejadas en barrica, siendo los ácidos siríngico y el cafeico los que mostraron mayores niveles en añejamiento en barrica, mientras que catequina, vainillina y ácido *p*-hidroxibenzoico mostraron mayores concentraciones en añejamiento con chips, especialmente en los primeros 2 meses de añejamiento. Un estudio realizado por del Alamo *et al.* (2004) reportó que muestras añejadas en barricas y chips tendían a agruparse de acuerdo con el sistema de añejamiento (chips o barrica) mediante un análisis discriminante, concordando con lo que este estudio muestra utilizando ACP (Figura 6.3.1.).

El ácido gálico es uno de los principales compuestos por ser la base para los taninos hidrolizables, la presencia de altas concentraciones de ácido gálico en vino tinto es de esperarse, ya que este ácido fenólico proviene principalmente de la hidrólisis de ésteres de flavonoides, que son extraídos de la piel de uvas tintas (del Alamo *et al.*, 2004, Paixaõ *et al.*, 2007). La concentración más alta del ácido gálico se presentó en el vino sin añejamiento con madera (Tabla 6.3.1.), y éste pudo disminuir debido a que los compuestos fenólicos extraídos de la madera pueden interactuar con los componentes fenólicos del vino, formando parte del proceso de oxidación que ocurre durante el añejamiento del vino, junto con las antocianinas y flavonoides. El resveratrol también disminuye durante el añejamiento (Tabla 6.3.1.), ya sea por la oxidación, o por otros fenómenos como la copigmentación, la polimerización y degradación (Nikfardjam *et al.*, 2006, Pérez & González, 2004, Revilla & González, 2001, Escalona *et al.*, 2002). La disminución de las concentraciones de compuestos fenólicos provenientes de la uva, ocurrió en los primeros 30 días, también se puede explicar por el equilibrio de concentraciones de compuestos fenólicos entre vino y madera de roble, respectivamente. En la primera etapa del añejamiento del vino se presenta una adsorción en las paredes de la barrica y/o una penetración muy lenta de compuestos fenólicos; el aumento repetido de las concentraciones después de 100 días se puede explicar por la hidrólisis de compuestos fenólicos enlazados en la madera y su posterior liberación en el vino. (Matějíček *et al.*, 2005).

Para el vino añejado 1, 2, 3 y 6 meses con barrica, los ácidos cafeico y siríngico tuvieron mayores niveles en el vino añejado con barrica, que mostró una extracción más lenta que el vino añejado con los chips. El ácido cafeico y el ácido siríngico presentan perfiles de los cambios de las concentraciones muy similares, ambos son productos de degradación de la lignina al tostarse la madera (Figura 6.3.1.1.), y son fuertemente solubles en respuesta a la acidez y grado alcohólico del vino, así que es de

esperarse que se comporten de forma análoga en el vino (Puech, 1987, Matějčiček *et al.*, 2005).

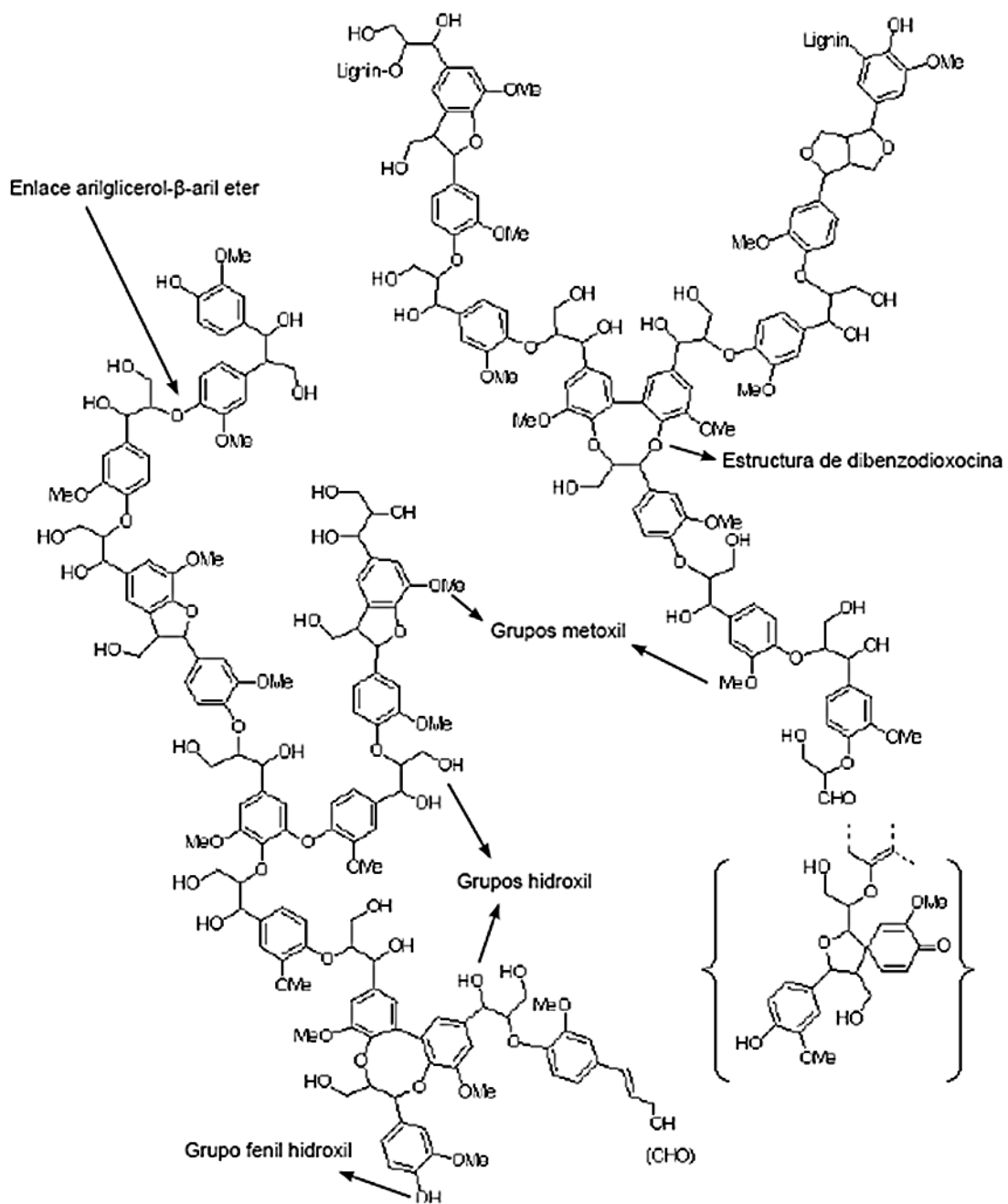


Figura 6.3.1.1. Modelo de la molécula de la lignina y sus principales grupos funcionales.

Los cambios de las concentraciones de los compuestos fenólicos extraídos de la madera al vino son rápidos en las primeras semanas, después las concentraciones en el vino se vuelven lineales, este es el caso de las concentraciones cuantificadas del ácido siríngico (Figura 6.3.1.2(A), Anexo G), lo cual concuerda con lo reportado con

Spillman *et al.* (1998). Como lo hace ver Ferreira *et al.* (2006), esto es consecuencia de la extracción de compuestos que dependen de la cantidad que es potencialmente extraíble y del tiempo que esté en contacto con el vino, las diferencias significativas (α 0.05) en las concentraciones del ácido siríntrico se presentaron en el primer mes de añejamiento (Tabla 6.3.1.) que es cuando la extracción de los compuestos es mayor, posteriormente se vuelve asintótica y lineal, además de que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

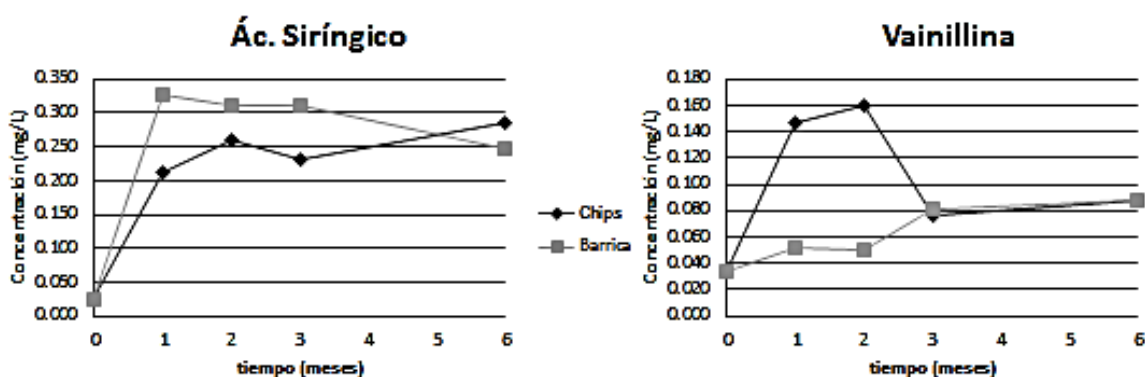


Figura 6.3.1.2. Concentraciones (mg/L) del (A) ácido siríntrico y de la (B) vainillina en un vino tinto Merlot añejado durante 0, 1, 2, 3, y 6 meses con chips y en barrica.

Respecto al vino con 1, 2, 3 y 6 meses con chips de madera, los compuestos fenólicos con mayores concentraciones fueron: la vainillina, la catequina, el ácido *p*-hidroxibenzóico, la epicatequina, el ácido *p*-cumárico y el ácido ferúlico (Figura 6.3.1.). La vainillina es uno de los principales compuestos fenólicos de interés debido que mejora las propiedades sensoriales del vino después de ser añejado con madera, está presente en la madera verde y también se asocia al proceso de tostado de la madera (Puech, 1987, Rodríguez & Gómez, 2011). Hubo un aumento en los niveles de vainillina en el vino durante el proceso de añejamiento (Tabla 6.3.1.), siendo significativamente mayor ($\alpha=0.05$) con los chips respecto a la barrica Como se observa en la Figura 6.3.1.2. (B) (Anexo G), la extracción fue mayor en el primer y segundo mes y para el tercer y sexto mes las concentraciones se vuelven lineales y equivalentes para ambos tratamientos, estos resultados concuerdan con lo reportado por del Alamo *et al.* (2004, 2008). Esto puede deberse a que la vainillina es un aldehído que al oxidarse se convierte en el ácido vainillínico y como el proceso de añejamiento en barricas es oxidativo probablemente la vainillina ya se encontraba en su forma oxidada (Flanzy, 2003).

6.3.2. Compuestos volátiles

Las técnicas extractivas y preparativas, al igual que las técnicas cromatográficas de alta resolución acopladas a las técnicas estructurales cada vez más sofisticadas han permitido conocer con cierta profundidad constituyentes volátiles del aroma del vino (Flanzy, 2003).

Durante el proceso de añejamiento, varios factores y reacciones están involucrados en la composición química de los vinos. Por lo tanto, el aroma final de los vinos añejados es realmente complejo. Los beneficios producidos por el uso de barricas se han demostrado por múltiples estudios. Sin embargo, el comportamiento de los aromas del vino sometido al añejamiento con chips no ha sido plenamente evaluado hasta ahora. Es necesario probar cómo algunos factores tales como el tratamiento de tostado de los chips afecta a la composición química de vinos añejados y, como consecuencia, sus propiedades sensoriales (Schumacher *et al.*, 2013)

En este estudio se identificaron y cuantificaron 6 compuestos volátiles mediante la técnica de SPME acoplada a la técnica de espacio de cabeza (Tabla 6.3.2.1. Anexo G), estos concuerdan con los reportados por Sigma Aldrich® y por Del Barrio *et al.* (2012). La resolución de los picos fue buena, el valor de ésta fue mayor a 1.5 logrando separar los compuestos fenólicos correctamente (Harris, 2007)(Figura 6.3.2.1).

Tabla 6.3.2.1. Concentraciones (mg/L) y tiempos de retención de los compuestos volátiles de un vino tinto Merlot añejado durante 0, 1, 2, 3 y 6 meses, con chips y en barrica. Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos de añejamiento de forma vertical ($\alpha=0,05$) y las minúsculas indican significativas entre el tiempo de añejamiento de forma horizontal ($\alpha=0,05$), *N/P No se presentaron.

| Compuesto | Tiempo de Retención (min) | Tratamiento | Tiempo | | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | 0 Meses | 1 Mes | 2 Meses | 3 Meses | 6 Meses |
| Acetato de Etilo | 2.1 | Barrica | 0.119 ^A | 0.112 ^{Ba} | 0.049 ^{Ba} | 0.080 ^{Ba} | 0.074 ^{Ba} |
| | | Chips | | 0.118 ^{Ba} | 0.107 ^{Ba} | 0.122 ^{Ba} | 0.137 ^{Ba} |
| 3-metil-1-butanol | 3.3 | Barrica | 0.349 ^A | 0.033 ^{Ab} | 0.133 ^{Ab} | 0.094 ^{Ab} | 0.073 ^{Ab} |
| | | Chips | | 0.221 ^{Ab} | 0.163 ^{Ab} | 0.212 ^{Ab} | 0.306 ^{Ab} |
| 1,3-dimetoxi-2-propanol | 5.8 | Barrica | 0.006 ^A | 0.010 ^{Aa} | 0.012 ^{Aa} | N/P | N/P |
| | | Chips | | 0.005 ^{Aa} | 0.007 ^{Aa} | 0.006 ^{Ab} | 0.006 ^{Ab} |
| Hexanoato de etilo | 8.1 | Barrica | 0.008 ^A | 0.015 ^{Aa} | 0.020 ^{Aa} | 0.010 ^{Aa} | 0.008 ^{Aa} |
| | | Chips | | 0.011 ^{Aa} | 0.015 ^{Aa} | 0.014 ^{Aa} | 0.015 ^{Aa} |
| Octanoato de etilo | 11.2 | Barrica | 0.007 ^A | 0.004 ^{Aa} | 0.006 ^{Aa} | 0.008 ^{Aa} | 0.003 ^{Aa} |
| | | Chips | | 0.006 ^{Aa} | 0.005 ^{Aa} | 0.005 ^{Aa} | 0.009 ^{Aa} |
| Decanoato de etilo | 11.5 | Barrica | 0.035 ^A | 0.032 ^{Aa} | 0.032 ^{Aa} | 0.017 ^{Aa} | 0.018 ^{Aa} |
| | | Chips | | 0.022 ^{Aa} | 0.021 ^{Aa} | 0.022 ^{Aa} | 0.035 ^{Aa} |

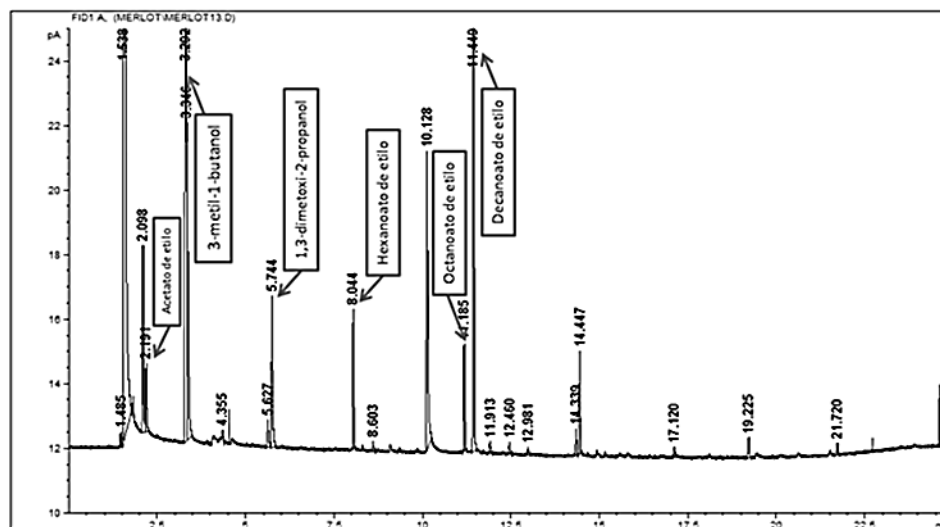


Figura 6.3.2.1. Cromatograma de los compuestos volátiles del vino tinto Merlot obtenido por la técnica estandarizada de SPME.

Para analizar los datos de los compuestos volátiles se hicieron dos ANOVAS, uno para comparar los datos con relación al tratamiento (chis vs barrica) y el segundo para contrastar los datos respecto al tiempo de añejamiento (0, 1, 2, 3 y 6 meses).

La concentración del acetato de etilo fue de 0.119mg/L al inicio del añejamiento, esta concentración se mantuvo sin cambios significativos durante los 6 meses de añejamiento con los chips de madera, mientras que la concentración de este compuesto se vio disminuida pero sin ser significativa ($\alpha=0.05$) durante el añejamiento con la barrica con respecto al tiempo. Comparando las concentraciones cuantificadas de acetato de etilo respecto al tratamiento de añejamiento se determinó que si existen diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

La concentración del 3-metil-1-butanol fue de 0.349mg/L al principio del añejamiento, posteriormente la concentración de este compuesto fue disminuyendo. En la Tabla 6.3.2.1. se puede observar que no hubo diferencia significativa ($\alpha=0.05$) con respecto al tiempo, sin embargo sí hubo diferencias significativas ($\alpha=0.05$) al contrastar ambos tratamientos de añejamiento, la concentración del 3-metil-1-butanol fue mayor en el vino añejado con chips durante los 6 meses de añejamiento.

El 3-metil-1 butanol y el acetato de etilo son de los compuestos característicos volátiles del vino Merlot, se consideran precursores del desarrollo del aroma del vino (Flanzy, 2003; Schumacher *et al.*, 2013). Estos resultados concuerdan con estudios de compuestos del "aroma" de vinos Cabernet y Merlot de las regiones de Aragón (España) y Burdeos (Francia), que revelaron que estos compuestos son unos de los odorantes más potentes de estos vinos. Su aroma se describe como "alcohol" y contribuye al descriptor "malta", es un compuesto significativo del sabor general de los vinos de las variedades mencionadas (López *et al.*, 1999; Kotseridis *et al.*, 2000).

Al comenzar el añejamiento la concentración del 1,3-dimetoxi-2-propanol fue de 0.006mg/L, la concentración de este compuesto aumentó durante los meses 1 y 2 de añejamiento con barrica y no se presentó durante los 3 y 6 meses de añejamiento, ninguna de estas diferencias fue significativa ($\alpha=0.05$) con respecto el tiempo o el tipo de añejamiento que tuvo el vino.

Para el hexanoato de etilo se cuantificaron 0.008mg/L al inicio del añejamiento, la concentración de este compuesto aumentó para ambos tratamientos durante el añejamiento excepto para los 6 meses de añejamiento con barrica, ninguna de estas diferencias fue significativa ($\alpha=0.05$).

La concentración para el octanoato de etilo fue de 0.007mg/L y para el Decanoato de Etilo fue de 0.035mg/L, en ambos casos no hubo diferencias

significativas ($\alpha=0.05$) respecto al tiempo y el tipo de añejamiento al que fue sometido el vino.

Los compuestos hexanoato de etilo, octanoato de etilo y decanoato de etilo, son ésteres presentes en vinos como Cabernet y Merlot. Los ésteres son la principal fuente de aromas afrutados en los vinos, y su contenido puede variar considerablemente durante el proceso de añejamiento (Gürbüz *et al.*, 2006; Escalona *et al.*, 2002)

Posteriormente los datos de las concentraciones obtenidas de la cuantificación de aromas del vino se analizaron mediante ACP (Figura 6.3.2.2., Anexo G), con el fin de observar si existen tendencias de los datos que indiquen relaciones entre las muestras y el tipo de añejamiento al que se sometieron.

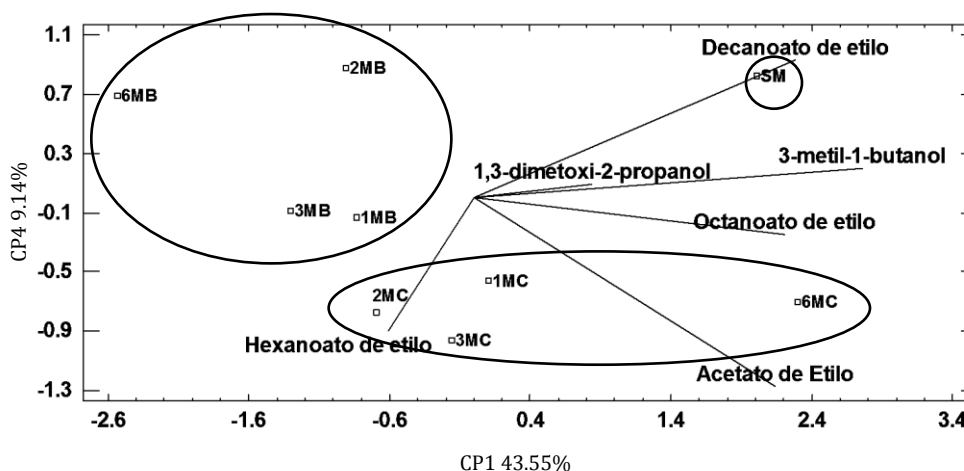


Figura 6.3.2.2. Representación de las muestras en el diagrama de puntuaciones en el plano definido por CP1 y CP4 de los compuestos volátiles identificados y cuantificados. Sin Madera (SM), 1 Mes con Barrica (1MB), 2 Meses con Barrica (2MB), 3 Meses con Barrica (3MB), 6 Meses con Barrica (6MB), 1 Mes con Chips (1MC), 2 Meses con Chips (2MC), 3 Meses con Chips (3MC), 6 Meses con Chips (6MC).

La Figura 6.3.2.2 muestra el diagrama del ACP de los compuestos volátiles, el CP1 explica el 43.55% de la variabilidad de las muestras mientras que el CP4 explica el 9.14%, esta Figura presenta la proyección de los datos en dos dimensiones (CP1 vs CP4), para las puntuaciones conseguidas de las muestras examinadas, como de los coeficientes (vectores) que indican la contribución de las variables (compuestos volátiles) en cada componente principal.

El CP1 agrupó a las muestras de vino añejadas en barrica en la parte superior izquierda y las muestras añejadas en barrica se encuentran agrupadas cerca de las puntuaciones de los compuestos volátiles, esto concuerda con los resultados obtenidos en la Tabla 6.3.2.1 que nos muestra una mayor presencia de estos

compuestos en el vino añejado con chips respecto al vino añejado en barrica, aunque esta diferencia no siempre fue significativa sí ayudó a agrupar a las muestras de vino según el tratamiento de añejamiento (chip vs barrica) al que fueron sometidas. El vino sin añejamiento también fue separado del resto de las muestras, el compuesto que se encuentra en mayor proporción en éste fue el decanoato de etilo.

El ácido hexanoico surge de la fermentación alcohólica del vino, se esterifica con el etanol teniendo como resultado el hexanoato de etilo; es en la fermentación donde se constituyen la mayor concentración de los compuestos que forman parte del aroma del vino, al ser la mayoría son los más fáciles de analizar por los métodos fisicoquímicos, es la razón por la cual se logró separar de forma óptima al vino según el tipo de añejamiento al que fue sujeto (Figura 6.3.2.2.).

Existen algunos estudios como el de Morales *et al.*, (2004) que de igual manera demuestran con ACP (Figura 6.3.2.3) como la concentración de diferentes compuestos volátiles extraídos de la madera agrupan a las muestras según el tratamiento de añejamiento bajo el cual se sometieron (chips o barrica).

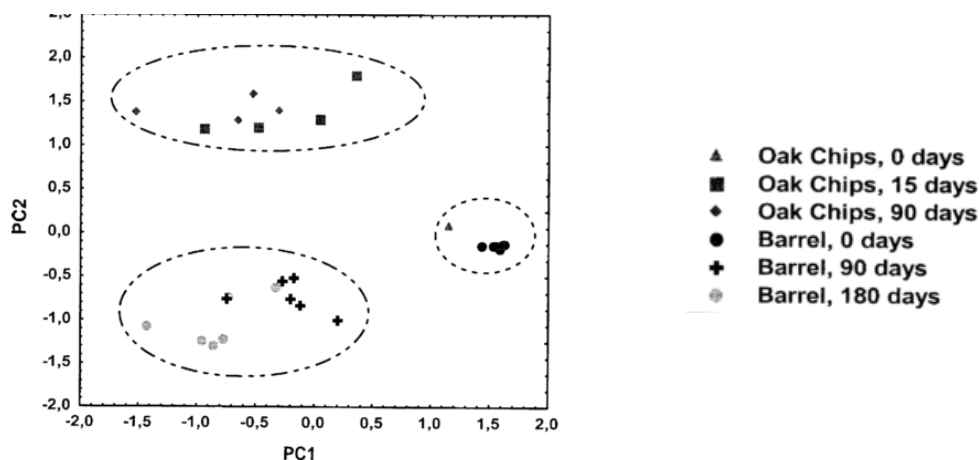


Figura 6.3.2.3. Distribución de muestras en el plano de los dos primeros componentes principales (Morales *et al.*, 2004).

6.3.3. Compuestos extraíbles de la madera

En este trabajo, 8 compuestos se identificaron en el vino Merlot añejado en barrica y con chips de madera durante 6 meses, con la técnica de extracción solvente-solvente y utilizando un cromatógrafo de gases acoplado a un detector de masas. Estos compuestos pertenecen a dos familias químicas: ésteres (media y cadena larga) y lactonas (Tabla 6.3.3.)

El succinato de dietilo y succinato de monoetilo son ésteres, sin embargo, estos compuestos no son relevantes para el desarrollo del aroma de los vinos (Schumacher *et al.*, 2013). Suomalainen *et al.* (1974), señalan que estos compuestos son extraídos de la madera, junto con las lactonas. Las lactonas como la que se logró identificar en este estudio, a diferencia de los ésteres succinato de dietilo y succinato de monoetilo sí tiene un impacto sensorial importante en la evolución del vino.

La butirolactona que fue identificada sólo en el vino añejado durante 6 meses con chips de madera, pudo haber estado presente en el vino añejado durante menos tiempo y también en el vino añejado en barrica, estos datos concuerdan con lo reportado por Rodríguez-Bencomo *et al.* (2009), quienes señalan que el vino añejado con chips presenta una mayor concentración de compuestos extraídos de la madera comparado con el vino añejado en barrica. La razón por la cual no fue identificada pudo ser debido a las bajas concentraciones en las que está presente en el vino, el umbral de aroma de las lactonas está en el orden de μg (90) y presentan aromas característicos a roble y coco (Chatonnet *et al.*, 1992).

Por otro lado, los ésteres: 3-metil-1-butanol, lactato de etilo, 2-fenil-etanol, isobutirato de isobutilo y butirato de butilo, pueden producir efectos sinérgicos sobre el sabor general del vino, ya que proporcionan agradables notas frutales (Schumacher *et al.*, 2013; Scacco *et al.*, 2010). Los ésteres se forman durante las fermentaciones alcohólica y malo-láctica, así como en el añejamiento del vino, los aromas frutales que son característicos de estos compuestos se ven disminuidos durante el proceso de añejamiento con chips o en barrica, debido a los umbrales de aroma que poseen (orden de mg/L), que es mayor al de los compuestos extraídos por madera (Chatonnet *et al.*, 1992; Rapp, 1986).

En un estudio realizado por Izquierdo *et al.* (2008) se encontró que la concentración de los ésteres aumenta después de la fermentación malo-láctica, el aumento fue desde el 65%, y hasta 1,670%. Entre los esteres que mostraron mayores incrementos están: monoetil succinato de dietilo, lactato de etilo, monometil succinato acetato-succinato de metil succinato, 2-feniletilo, lactato de 2-feniletilo y malato de dietilo. En este estudio encontramos algunos de estos esteres como el lactato de etilo y el succinato de dietilo, lo cual reafirma el carácter afrutado del vino obtenido mediante la fermentación malo-láctica.

Tabla 6.3.3. Presencia o ausencia y tiempos de retención de los compuestos identificados en la extracción solvente-solvente de un vino tinto Merlot añejado durante 0, 1, 2, 3 y 6 meses, con chips y en barrica.

| Compuesto | Tiempo de Retención (min) | Tratamiento | Tiempo | | | | |
|--------------------------|---------------------------|-------------|---------|-------|---------|---------|---------|
| | | | 0 Meses | 1 Mes | 2 Meses | 3 Meses | 6 Meses |
| 3-metil-1-butanol | 2.5113 | Barrica | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | Chips | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Lactato de etilo | 3.2306 | Barrica | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | Chips | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Butirolactona | 4.752 | Barrica | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| | | Chips | | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ |
| 2-fenil-etanol | 7.7118 | Barrica | ✓ | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ |
| | | Chips | | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Succinato de dietilo | 8.3485 | Barrica | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ |
| | | Chips | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Succinato de monoetilo | 8.6904 | Barrica | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | Chips | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Isobutirato de isobutilo | 10.7424 | Barrica | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ |
| | | Chips | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Butirato de butilo | 11.0019 | Barrica | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | Chips | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

6.4. Análisis sensorial

El análisis sensorial abarca a un conjunto de técnicas que, aplicadas de una manera científica, permiten obtener unos resultados fiables sobre las respuestas que nos dan nuestros sentidos a los alimentos. Para ello, se acude a la experiencia de catadores o panelistas entrenados, quienes trabajan como si se tratara de instrumentos, al ser capaces de establecer diferencias objetivamente (Noble *et al.*, 1987).

Por definición, el catador es la persona que actúa como “juez” de las características sensoriales del producto en cuestión, sobre la calidad final del producto, y basa sus decisiones en su experiencia, entrenamiento y una serie de datos de tipo analítico como la composición química y las propiedades físicas de los vinos. La evaluación sensorial puede proporcionar este tipo de información, convirtiéndose en una herramienta muy útil tanto para la enología como para otras disciplinas

científicas como marketing, producción, control de calidad y desarrollo de nuevos productos (Noble *et al.*, 1987).

6.4.1. Reclutamiento y selección de jueces

El análisis sensorial descriptivo cuantitativo consiste en pedir a un grupo de jueces catar las muestras de vino y puntuar para cada descriptor la intensidad percibida de los descriptores sensoriales.

El principal objetivo es comparar los vinos desde un punto de vista sensorial. Generalmente las personas están entrenadas para este ejercicio, pues no se trata de emitir preferencias u opiniones cualitativas sobre los vinos, sino de cuantificar de un modo fiable y repetitivo los descriptores objetivos del olor, los sabores y el aroma del vino.

El tratamiento de estos datos con técnicas de análisis de la varianza (ANOVA) permite saber que vino es significativamente diferente de otro vino y con base a qué descriptores. Por otra parte el tratamiento gráfico de estos datos con técnicas de análisis multidimensional ofrecen una visión global de estas diferencias en la forma de las distancias entre vinos en una carta sensorial (Flanzy, 2003).

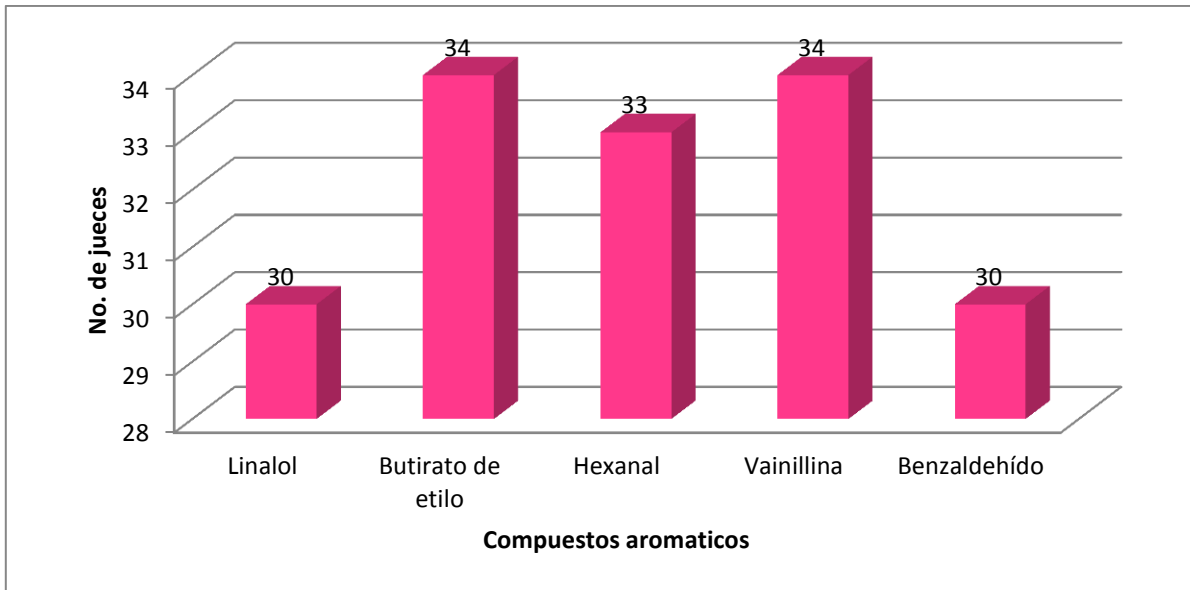
Para poder realizar correctamente el análisis sensorial fue necesario seleccionar y entrenar un panel de jueces. La selección se llevó a cabo con dos pruebas que mostraran que los jueces tienen capacidad para poder distinguir muestras, las pruebas fueron:

- Prueba analítica de sensibilidad
- Umbral de aroma

Prueba analítica de sensibilidad

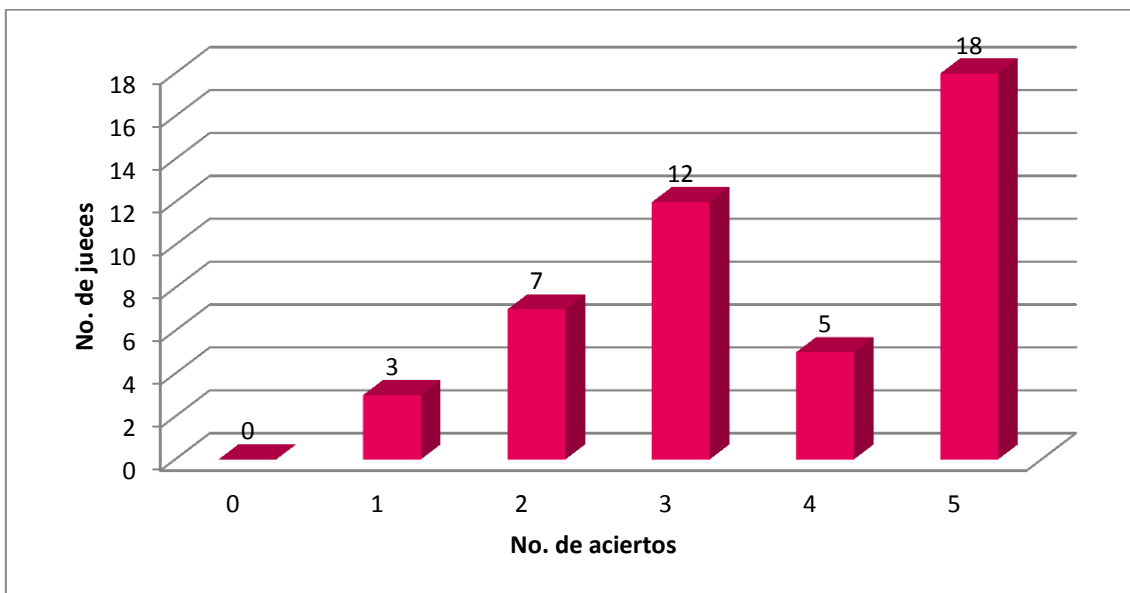
Como se mostró en la Tabla 5.6.1, se presentaron a los jueces 5 diferentes compuestos con concentraciones de aroma supra-umbral y debían parearlas con las mismos 5 compuestos etiquetados de forma diferente.

En la Gráfica 6.4.1.1. se muestran los resultados obtenidos de cada uno de los compuestos pareados por los 45 jueces que realizaron la prueba, el benzaldehído y el linalol fueron los compuestos con menos aciertos ya que sólo 30 de los 45 jueces los parearon correctamente, mientras que el butirato de etilo y la vainillina fueron los compuestos con más aciertos, ya que 34 de los 45 jueces lograron parearlos perfectamente, el hexanal tuvo 33 aciertos de los 45 jueces.



Gráfica 6.4.1.1. Identificación de sensaciones reconocidas en las pruebas de discriminación para la selección de jueces sensoriales.

En la Gráfica 6.4.1.2. se muestra el número de aciertos por jueces de la prueba analítica descriptiva, de los 45 jueces 18 tuvieron correctos los 5 aciertos, 5 tuvieron 4 aciertos, 12 tuvieron 3 aciertos, 7 tuvieron 2 aciertos y 3 tuvieron 1 acierto. Para continuar con la selección de jueces se convocaron sólo a aquellos jueces que tuvieron 3 o más aciertos, así que solo 35 de los 45 jueces siguieron en la selección para pertenecer al panel de jueces entrenados.

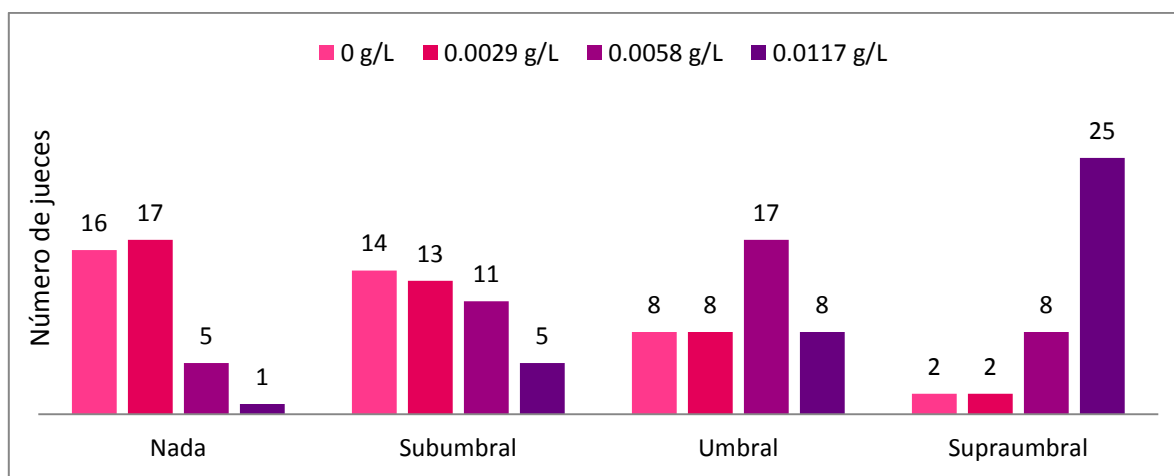


Gráfica 6.4.1.2. Resultados en la identificación de sensaciones en las pruebas de discriminación para la selección de jueces sensoriales.

Umbral de Aroma

El segundo filtro para la selección de los jueces consistió en una prueba de umbral de aroma, se les dieron a los 35 jueces (seleccionados previamente) 4 frascos con diferente concentración de caproato de etilo como lo muestra la Tabla 4.6.2. y se les pidió que los acomodaran según la intensidad percibida de cada muestra.

La Gráfica 6.4.1.3. muestra los acierto de las concentraciones de caproato de etilo de los 35 jueces 16 seleccionaron correctamente 0g/L, 13 seleccionaron bien 0.0029g/L, 17 seleccionaron bien 0.0058g/L y 25 eligieron correctamente 0.0117g/L. A partir de esta prueba quedaron seleccionados 25 de los 35 jueces, los 25 jueces que lograron reconocer correctamente el aroma supra-umbral fueron los jueces seleccionados, de estos 25 jueces sólo 22 fueron constantes durante el proceso de evaluación de los vinos.



Gráfica 6.4.1.3. Resultados de la prueba de umbral de aroma del caproato de etilo, en la selección de jueces sensoriales.

Términos acordados (Ficha de cata)

Posteriormente se les instruyó a los jueces en la cata de vinos con la técnica descrita en el apartado 5.6.2 y se les proporcionaron los descriptores característicos del vino tinto con ayuda del kit “Debroise, Véronique Voyage Olfactif dans les vignobles de vins rouges” (Ediciones Debroise, Francia 2007). Posteriormente, con apoyo de una ficha de cata se y después de 2 sesiones de consenso con los jueces se acordaron los términos de la Tabla 6.4.1.1. para describir al vino.

Tabla 6.4.1.1. Términos descriptivos acordados que se evaluaron en el vino.

| Nariz | | |
|---|-----------------|---|
| Intensidad | | Poca-Media-Pronunciada |
| Aroma | | Frutal-Floral-Especias-Vegetal-Otros |
| Boca | | |
| Dulzor | | Seco-Semiseco-Semidulces-Dulce |
| Acidez | | Baja-Media-Alta |
| Tanino | | Bajo-Medio-Alto |
| Cuerpo | | Poco-Medio-Mucho |
| Sabor | | Frutal-Floral-Especias-Vegetal-Otros |
| Duración | | Corta-Media-Larga |
| Aromas y características del sabor | | |
| Frutal | Cítrico | Toronja-Limón-Lima |
| | Fruta verde | Manzana (Verde-Madura)-Grosella-Pera |
| | Fruta con hueso | Albaricoque-Melocotón |
| | Fruta roja | Frambuesa-Cereza-roja-Ciruela-Grosella roja-Fresa |
| | Fruta negra | Zarzamora-Cereza negra-Grosella negra |
| | Fruta tropical | Plátano-Kiwi-Lichee-Mango-Melón |
| | Fruta seca | Higo-Orejón-Pasa-Sultana |
| | Floral | Flores |
| Especias | Dulces | Canela-Clavo-Jengibre-Nuez moscada-Vainilla |
| Vegetal | Fresco | Espárrago-Pimiento verde-Champiñón |
| | Herbáceo | Eucalipto-Hierba-Heno-Menta-Hoja mojada |
| | Grano | Almendra-Coco-Avellana-Nuez-Chocolate-Café |
| | Roble | Cedro-Medicinal-Resinoso-Ahumado-Vainilla-Tabaco |
| | Otros | Autolítico |
| | Madurez | Caramelo-Golosinas-Miel-Confitura-Mermelada-Melaza-Cosinado-Guisado |

Una vez acordados los términos por los jueces, se procedieron a evaluar las muestras de vino utilizando el programa Compusense Five® FCM™4.6 (Compusense Inc., Canadá).

6.4.2 Prueba triangular de entrenamiento

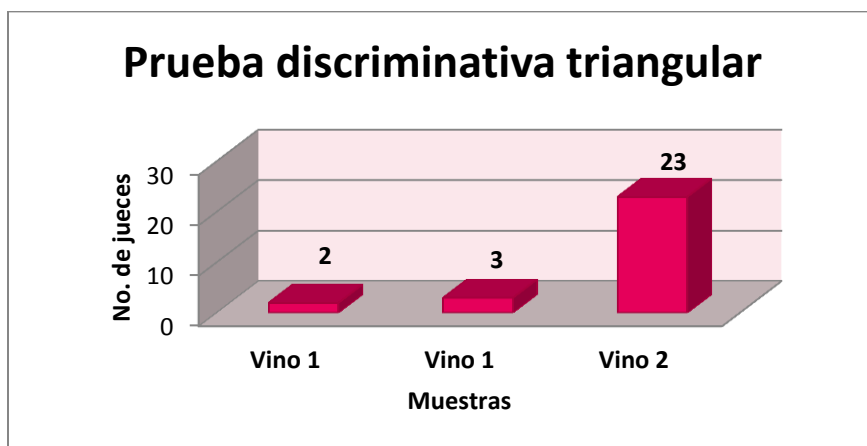
Para verificar el entrenamiento de los jueces se hizo una prueba triangular discriminativa con dos vinos tintos mexicanos Merlot añejados durante 6 meses en barrica francesa.

Ambos vinos fueron catados según la técnica de cata impartida en sesiones pasadas. Los vinos se presentaron a los jueces con códigos numéricos y se les dio el

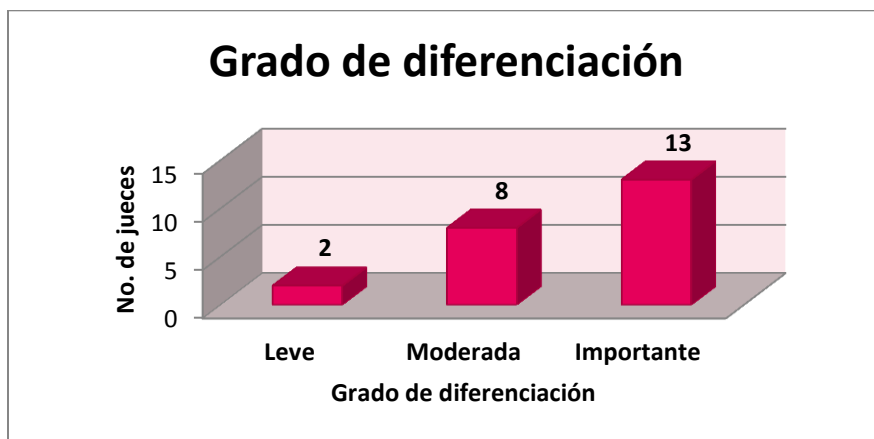
cuestionario de prueba triangular discriminativo (Anexo F) para que eligieran el vino que era diferente a los otros dos.

De los 28 jueces que hicieron la prueba 23 lograron diferenciar correctamente al vino que era distinto mientras que 5 no (Gráfica 6.4.2.1.), se necesitan al menos que 18 jueces discriminen correctamente al vino diferente para asegurar una diferencia con un 99.9% de nivel de significancia.

El grado de diferenciación no fue significativo ya que sólo 13 de los 28 jueces (Gráfica 6.4.2.1.) lograron diferenciar al vino correcto diciendo que era importante.



Gráfica 6.4.2.1. Ensayo de la prueba triangular discriminativa utilizando vinos mexicanos Merlot añejados en barrica francesa.



Gráfica 6.4.2.2. Ensayo del grado de diferenciación de la prueba triangular discriminativa utilizando vinos mexicanos Merlot añejados en barrica francesa.

6.5. Análisis cuantitativo descriptivo (QDA)

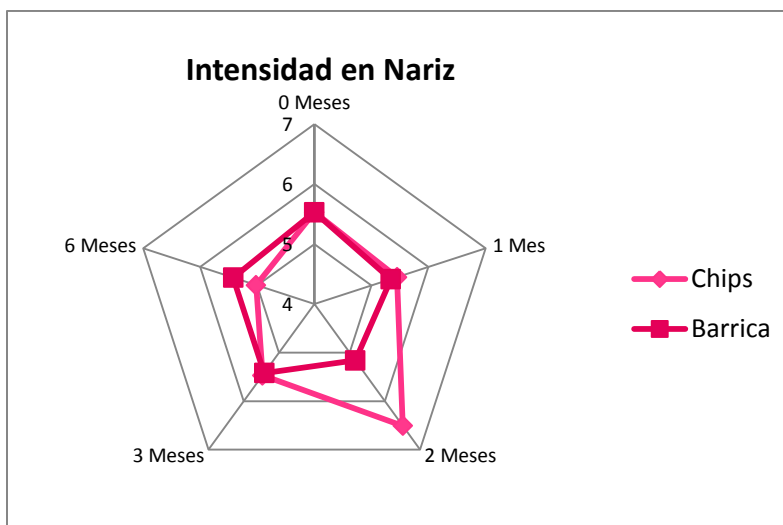
Intensidad en nariz

Se evaluaron los datos de intensidad en nariz del vino añejado con chips y en barrica durante 0,1,2,3 y 6 meses, los resultados de los promedios de las intensidades se encuentran en la Tabla 6.4.1.2.

Tabla 6.4.1.2. Promedios de las intensidades del descriptivo Intensidad en nariz del vino (letras mayúsculas indican diferencias significativas respecto al proceso de añejamiento con un α de 0.05; las letras minúsculas indican diferencias significativas respecto al tiempo con un α de 0.05).

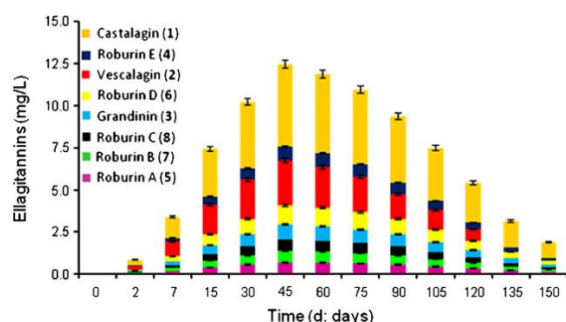
| Tiempo (Meses) | Intensidad en Nariz | |
|----------------|---------------------|--------------------|
| | Chips | Barrica |
| 0 | 5.53 ^{Aa} | 5.53 ^{Aa} |
| 1 | 5.45 ^{Aa} | 5.34 ^{Aa} |
| 2 | 6.51 ^{Aa} | 5.16 ^{Aa} |
| 3 | 5.47 ^{Aa} | 5.42 ^{Aa} |
| 6 | 5.02 ^{Aa} | 5.42 ^{Aa} |

Para analizar los datos de la Tabla 6.4.1.2. se hizo una gráfica radial (Gráfica 6.4.1.4.), en la que se puede observar que a los 2 meses de añejamiento con chips la intensidad en nariz es superior a la detectada por los jueces en el vino añejado en barrica durante el mismo tiempo. Estos datos concuerdan con lo encontrado en la cuantificación de compuestos fenólicos y compuestos volátiles, donde la mayor concentración fue localizada en el vino añejado con chips durante 2 meses.



Gráfica 6.4.1.4. Promedios de las intensidades del descriptivo Intensidad en Nariz del vino tinto Merlot añejado de 0 a 6 meses con Chips y en Barrica.

Es durante el segundo mes de añejamiento con chips donde los jueces identificaron que el vino presentaba mayor intensidad en nariz, esto pudo ser debido a que bajo estas condiciones el vino presentó la mayor cantidad de compuestos volátiles y de compuestos fenólicos, entre los compuestos fenólicos existe un grupo conocido como elagitaninos, estos compuestos pudieron haber presentado un efecto protector complementario sobre ciertos aromas fácilmente oxidables como consecuencia de su capacidad antioxidante, estos compuestos son aportados por la madera de roble de los chips (Vivas & Glories, 1996; Casassa *et al.*, 2008), concuerda con lo reportado por Jourdes *et al.* (2011), donde la mayor extracción de elagitaninos se da después de 45 días de añejamiento de vino tinto con chips de madera de roble francés (Gráfica 6.4.1.4.1.).



Gráfica 6.4.1.4.1. Concentración de elagitaninos presentes en el vino tinto: durante el añejamiento con chips de roble francés (Jourdes *et al.*, 2011).

Intensidades de los descriptores en boca

Se evaluó la intensidad de las sensaciones en boca de los vinos añejados con chips y en barrica durante 0,1 ,2 ,3 y 6 meses, los promedios de las intensidades se encuentran en la Tabla 6.4.1.5. (Anexo G).

Tabla 6.4.1.5. Promedios de las intensidades de los descriptivos en boca del vino tinto Merlot añejado de 0 a 6 meses con Chips y Barrica (letras mayúsculas indican diferencias significativas respecto al proceso de añejamiento con un α de 0.05; las letras minúsculas indican diferencias significativas respecto al tiempo con un α de 0.05).

| Tiempo (Meses) | Boca | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Dulzor | | Acidez | | Tanino | | Cuerpo | | Duración | |
| | Chips | Barrica | Chips | Barrica | Chips | Barrica | Chips | Barrica | Chips | Barrica |
| 0 | 3.74 ^{Aa} | 3.74 ^{Aa} | 4.31 ^{Aa} | 4.31 ^{Aa} | 4.22 ^{Aa} | 4.22 ^{Aa} | 4.58 ^{Aa} | 4.58 ^{Aa} | 4.92 ^{Aa} | 4.92 ^{Aa} |
| 1 | 2.43 ^{Aa} | 2.84 ^{Aa} | 5.02 ^{Aa} | 5.30 ^{Aa} | 5.29 ^{Aa} | 4.90 ^{Aa} | 4.59 ^{Aa} | 5.02 ^{Aa} | 4.30 ^{Aa} | 5.94 ^{Aa} |
| 2 | 2.77 ^{Aa} | 3.41 ^{Aa} | 5.59 ^{Aa} | 5.61 ^{Aa} | 4.30 ^{Aa} | 4.74 ^{Aa} | 5.04 ^{Aa} | 5.37 ^{Aa} | 4.90 ^{Aa} | 5.05 ^{Aa} |
| 3 | 3.05 ^{Aa} | 2.76 ^{Aa} | 5.54 ^{Aa} | 5.52 ^{Aa} | 3.85 ^{Aa} | 4.46 ^{Aa} | 4.51 ^{Aa} | 4.69 ^{Aa} | 4.75 ^{Aa} | 5.00 ^{Aa} |
| 6 | 2.29 ^{Ba} | 3.27 ^{Ba} | 5.29 ^{Aa} | 4.98 ^{Aa} | 5.12 ^{Aa} | 5.30 ^{Aa} | 4.75 ^{Aa} | 4.81 ^{Aa} | 4.39 ^{Aa} | 5.09 ^{Aa} |

Para evaluar los datos obtenidos de las intensidades de los descriptores en boca se realizó un ACP (Figura 6.4.1.5.), el CP1 explica el 34.65% de la variabilidad de los resultados y el CP2 explica el 32.06% de la variabilidad de los resultados.

El CP1 separó a los vino añejados con chips durante 1 y 6 meses a la derecha de la Figura (6.4.1.5.) (Anexo G), y los vinos añejados en barrica durante 1 y 2 meses a la izquierda; en el centro de la figura se encuentran los vinos añejados con chips durante 2 y 3 meses, y los vinos añejados en barrica durante 3 y 6 meses.

El CP2 separó al vino de 0 meses de añejamiento en la parte superior de la Figura (6.4.1.5.), y a los demás vinos en la parte inferior de la gráfica.

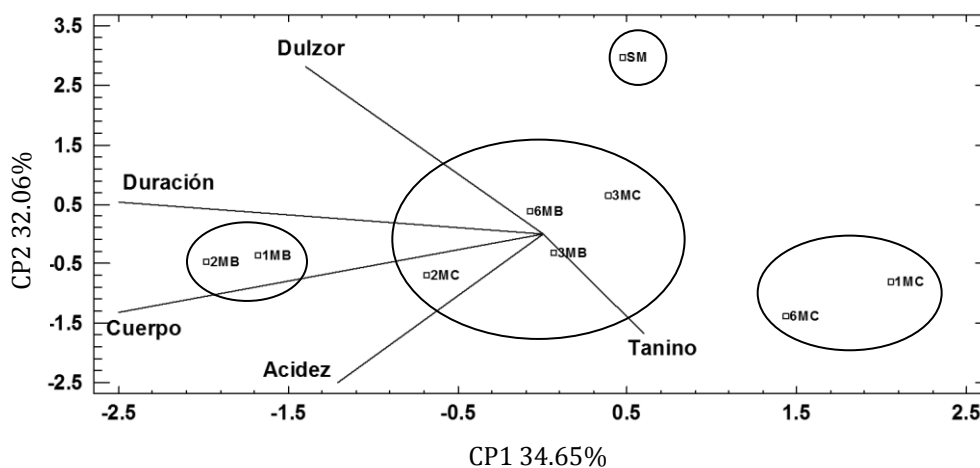


Figura 6.4.1.5. Análisis de Componentes Principales de los descriptores en boca del vino tinto Merlot añejado de 0 a 6 meses con Chips y en Barrica.

Se realizó un análisis de ANOVA para saber si existían diferencias significativas para los descriptores de acidez, duración, tanino y cuerpo, no hubo diferencias significativas al comparar los tratamientos. Solamente el descriptor dulzor tuvo una tendencia a disminuir significativamente ($p=0.0626$) para el vino con chips con 6 meses de añejamiento (Tabla 6.4.1.5.).

El vino sin añejamiento es diferente a los vinos añejados, siendo dulzor la sensación más intensa (Figura 6.4.1.5.), esto puede atribuirse a que el vino joven Merlot presenta un carácter de frutos rojos debido los aromas provenientes de la uva y la fermentación, y cuando se compara el vino sin madera con los vinos que han pasado por el añejamiento con madera no tiene las notas de ahumado, madera y vainilla, las cuales son características de un vino añejado con madera (Casassa *et al.*, 2088; Rapp, 1986, Frangipane *et al.*, 2007).

Para los tratamientos añejados durante 1 y 6 meses con chips la sensación de tanino es la que se potencializo, la sensación de tanino (astringencia) es un atributo

sensorial fundamental del vino tinto que contribuye a su carácter y calidad, es una sensación táctil vía oral producida principalmente por la interacción de los polifenoles del vino (Gawel, 1998), el vino añejado con chips extrajo más polifenoles en menos tiempo (Tabla 6.3.1.; Figura 6.3.1.) es por eso que esta sensación ayuda a separar el vino entre tratamientos (Figura 6.4.1.5.), la astringencia de los vinos está relacionada con la presencia de sustancias fenólicas, entre las que destacan los flavonoides que contribuyen a esta sensación, así como también lo hacen otros fenoles más sencillos como el ácido gálico (González, 2002).

El vino añejado en barrica durante el mes 1 y el mes 2 presentó aumento para las sensaciones de duración y cuerpo, esto pudo ser consecuencia de la oxidación y precipitación de los compuestos fenólicos, disminuyó la astringencia resaltando el cuerpo, éste descriptor proporciona estructura y duración en boca (González, 2002; Rapp, 1986), los vinos añejados durante 2 y 3 meses con chips junto con los añejados 3 y 6 meses en barrica presentaron intensidades similares de los cinco descriptores. Es importante recordar que el sabor en el vino está asociado a la interacción no sólo con los compuestos fenólicos sino también con los compuestos volátiles y las interacciones entre ellos.

Intensidades de los descriptores en nariz

Para cuantificar la intensidad de los descriptores en nariz, los aromas se clasificaron en 3 grupos:

- Aromas frutales
- Aromas vegetales
- Aromas otros

Los promedios de las intensidades de los descriptores de aromas se encuentran en las Tablas 6.4.1.6.1., 6.4.1.6.2. y 6.4.1.6.3. (Anexo G).

Tabla 6.4.1.6.1. Promedios de las intensidades de los descriptivos Aromas Frutales del vino tinto Merlot añejado de 0 a 6 meses con Chips y en Barrica (letras mayúsculas indican diferencias significativas respecto al proceso de añejamiento con un α de 0.05; las letras minúsculas indican diferencias significativas respecto al tiempo con un α de 0.05).

| Tiempo (Meses) | Aromas Frutales | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Frutas Verdes | | Frutas con Hueso | | Frutas Rojas | | Frutas Negras | | Frutas secas | |
| | Chips | Barrica | Chips | Barrica | Chips | Barrica | Chips | Barrica | Chips | Barrica |
| 0 | 2.32 ^{Aa} | 2.32 ^{Aa} | 3.09 ^{Aa} | 3.09 ^{Aa} | 4.31 ^{Aa} | 4.31 ^{Aa} | 3.01 ^{Aa} | 3.01 ^{Aa} | 2.67 ^{Aa} | 2.67 ^{Aa} |
| 1 | 2.10 ^{Aa} | 1.78 ^{Aa} | 2.98 ^{Aa} | 1.92 ^{Aa} | 5.10 ^{Aa} | 5.02 ^{Aa} | 3.35 ^{Aa} | 3.17 ^{Aa} | 2.76 ^{Aa} | 3.12 ^{Aa} |
| 2 | 3.09 ^{Aa} | 1.90 ^{Aa} | 3.12 ^{Aa} | 2.54 ^{Aa} | 4.18 ^{Ab} | 3.92 ^{Ab} | 2.52 ^{Aa} | 2.54 ^{Aa} | 3.18 ^{Aa} | 3.14 ^{Aa} |
| 3 | 3.09 ^{Aa} | 2.46 ^{Aa} | 3.33 ^{Aa} | 3.39 ^{Aa} | 4.70 ^{Ab} | 5.31 ^{Ab} | 3.60 ^{Aa} | 4.73 ^{Aa} | 2.37 ^{Aa} | 3.06 ^{Aa} |
| 6 | 2.35 ^{Aa} | 2.77 ^{Aa} | 3.31 ^{Aa} | 2.85 ^{Aa} | 3.42 ^{Aa} | 4.27 ^{Aa} | 3.48 ^{Aa} | 3.73 ^{Aa} | 3.12 ^{Aa} | 3.29 ^{Aa} |

Tabla 6.4.1.6.2. Promedios de las intensidades de los descriptivos Aromas Vegetales del vino tinto Merlot añejado de 0 a 6 meses con Chips y en Barrica (letras mayúsculas indican diferencias significativas respecto al proceso de añejamiento con un α de 0.05; las letras minúsculas indican diferencias significativas respecto al tiempo con un α de 0.05).

| Tiempo (Meses) | Aromas Vegetales | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Vegetales Frescos | | Vegetales Herbáceos | | Vegetales Granos | | Vegetales Roble | |
| | Chips | Barrica | Chips | Barrica | Chips | Barrica | Chips | Barrica |
| 0 | 1.52 ^{Aa} | 1.52 ^{Aa} | 1.57 ^{Aa} | 1.57 ^{Aa} | 0.66 ^{Aa} | 0.66 ^{Aa} | 2.10 ^{Aa} | 2.10 ^{Aa} |
| 1 | 1.20 ^{Aa} | 1.25 ^{Aa} | 1.83 ^{Aa} | 1.75 ^{Aa} | 1.12 ^{Aa} | 1.13 ^{Aa} | 2.76 ^{Aa} | 3.53 ^{Aa} |
| 2 | 1.63 ^{Aa} | 1.64 ^{Aa} | 2.34 ^{Aa} | 2.73 ^{Aa} | 1.15 ^{Ab} | 2.50 ^{Ab} | 2.84 ^{Aa} | 3.55 ^{Aa} |
| 3 | 1.94 ^{Aa} | 1.50 ^{Aa} | 1.65 ^{Aa} | 1.35 ^{Aa} | 1.12 ^{Ab} | 1.01 ^{Ab} | 2.36 ^{Aa} | 2.77 ^{Aa} |
| 6 | 1.75 ^{Aa} | 2.07 ^{Aa} | 2.41 ^{Aa} | 2.70 ^{Aa} | 1.52 ^{Aa} | 1.60 ^{Aa} | 3.68 ^{Aa} | 3.61 ^{Aa} |

Tabla 6.4.1.6.3. Promedios de las intensidades de los descriptivos Aromas Otros del vino tinto Merlot añejado de 0 a 6 meses con Chips y en Barrica (letras mayúsculas indican diferencias significativas respecto al proceso de añejamiento con un α de 0.05; las letras minúsculas indican diferencias significativas respecto al tiempo con un α de 0.05).

| Tiempo (Meses) | Aromas Otros | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Especias | | Autolíticos | | Madurez | | Vinagre-Acetona | |
| | Chips | Barrica | Chips | Barrica | Chips | Barrica | Chips | Barrica |
| 0 | 2.61 ^{Aa} | 2.61 ^{Aa} | 1.10 ^{Aa} | 1.10 ^{Aa} | 2.41 ^{Aa} | 2.41 ^{Aa} | 2.10 ^{Aa} | 2.10 ^{Aa} |
| 1 | 3.53 ^{Aa} | 3.74 ^{Aa} | 1.24 ^{Aa} | 1.31 ^{Aa} | 2.48 ^{Aa} | 2.79 ^{Aa} | 2.03 ^{Aa} | 2.04 ^{Aa} |
| 2 | 3.11 ^{Aa} | 3.12 ^{Aa} | 2.39 ^{Aa} | 2.04 ^{Aa} | 2.56 ^{Aa} | 3.58 ^{Aa} | 2.51 ^{Aa} | 2.37 ^{Aa} |
| 3 | 3.10 ^{Aa} | 3.33 ^{Aa} | 1.28 ^{Aa} | 1.85 ^{Aa} | 2.29 ^{Aa} | 2.48 ^{Aa} | 1.38 ^{Aa} | 1.29 ^{Aa} |
| 6 | 2.61 ^{Aa} | 2.96 ^{Aa} | 1.58 ^{Aa} | 1.78 ^{Aa} | 2.66 ^{Aa} | 3.04 ^{Aa} | 1.94 ^{Aa} | 1.75 ^{Aa} |

Los descriptores sensoriales del ACD se analizaron mediante un análisis multivariable, los descriptores se agruparon en: frutal, vegetal, especias y otros. El descriptor “frutal” se potencializó en el vino añejado durante 3 y 6 meses en barrica, mientras que el descriptor “otros” se potencializó en el vino añejado durante 2 meses con chips, en los descriptores “especias” y “vegetal” aumentaron en el vino añejado durante 3 y 6 meses con chips (Figura 6.4.1.6., Anexo G), esto concuerda con lo reportado por Schumacher *et al.* (2013), quienes observaron que el vino añejado con chips de madera presentó notas excesivas en humo y tabaco enmascarando el resto de las notas en el vino. Por esto es importante tener en cuenta que no sólo los compuestos deseables serán extraídos rápidamente, también serán extraídos compuestos que en grandes cantidades puede causar defectos.

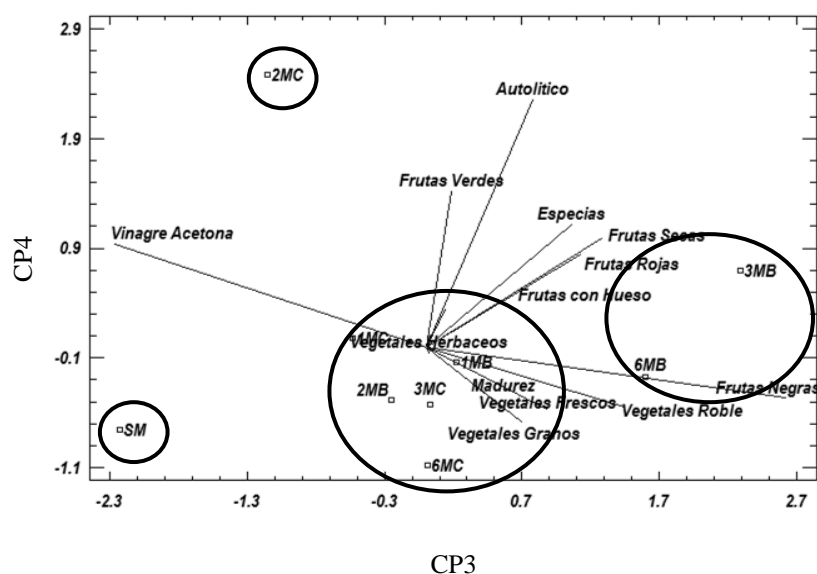


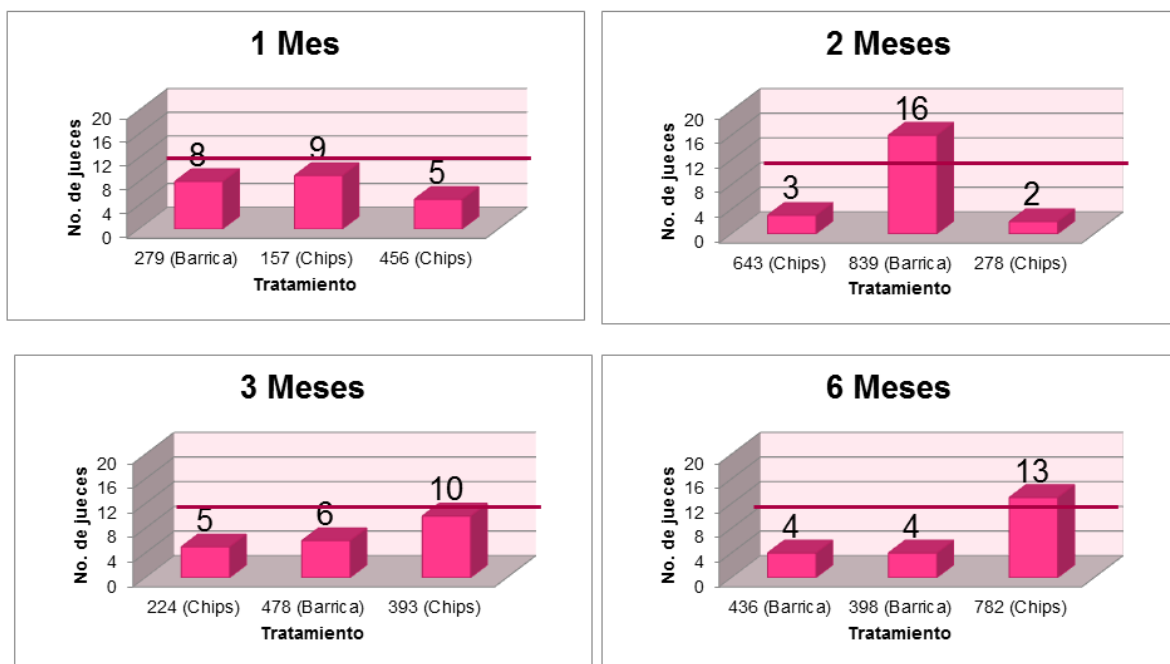
Figura 6.4.1.6. Análisis de Componentes Principales de los descriptores de aromas del vino tinto Merlot añejado durante 0, 1, 2, 3, y 6 meses con Chips y en Barrica. Sin Madera (SM), 1 Mes con Barrica (1MB), 2 Meses con Barrica (2MB), 3 Meses con Barrica (3MB), 6 Meses con Barrica (6MB), 1Mes con Chips (1MC), 2 Meses con Chips (2MC), 3 Meses con Chips (3MC), 6 Meses con Chips (6MC).

El uso de los chips para el añejamiento del vino ofrece aromas de roble, vainilla y especias, además de aumentar y mejorar las propiedades sensoriales de los vinos, como se muestra en la Figura 6.4.1.6., donde se agrupan los vinos añejados con chips orientados hacia el descriptor madurez, en comparación con el vino añejado en barrica, los atributos intrínsecos frutales de las variedades de uva utilizadas son bien expresadas en los vinos añejados en barrica, este hecho parece ser atribuible a las diversas reacciones que suceden en el añejamiento del vino en barrica tales como la esterificación, las cuales aumentan la concentración de compuestos volátiles del vino, estas reacciones son potencializadas por la oxigenación que existe cuando se utilizan

barricas en lugar chips (Wilker & Gallander ,1988; Gutiérrez-Alfonso ,2002; Schumacher *et al.*, 2013).

6.6. Prueba Discriminativa Triangular

En el análisis de la prueba triangular discriminativa es necesario que 12 de los 22 jueces que realizaron el ensayo discriminen correctamente las muestras para que exista una diferencia significativa con un α de 0.05 (Pedrero y Pangborn 1989), sólo los vinos con 2 y 6 meses de añejamiento son significativamente diferentes entre sí.



Gráfica 6.4.1.7. Prueba discriminativa triangular del vino tinto Merlot añejado a 1, 2, 3 y 6 meses con Chips y en Barrica.

Aunque Monedero *et al.* (2000) afirma que cuantitativamente se ha logrado igualar el proceso de añejamiento con barrica utilizando chips, bajo las condiciones de este estudio se demostró que no existe diferencia sensorial significativa entre el vino añejado 1 y 3 meses con ambos tratamientos (Gráfica 6.4.1.7., Anexo G), y para el vino añejado después de 2 y 6 meses sí hubo diferencia sensorial significativa, la diferencia después de 2 meses pudo ser debida a que en este momento del añejamiento se obtuvo la mayor cantidad de compuestos fenólicos extraídos de la madera y el tratamiento del vino con los chips era significativamente mayor (Tabla 6.3.1.), la diferencia del vino después de 6 meses de añejamiento pudo ser causada porque el descriptor dulzor fue significativamente mayor en el tratamiento con barrica al que presentaba el vino añejado con los chips (Gráfica 6.4.1.5.).

7. Conclusiones

- Se participó en la elaboración del vino tinto utilizando uvas de Baja California *Vitis vinífera* variedad Merlot, donde se aplicaron los conocimientos enológicos fundamentales para la obtención de un vino tinto apto para el añejamiento.
- Se identificaron y cuantificaron 11 compuestos fenólicos durante el proceso de añejamiento del vino, la mayor concentración de compuestos fenólicos se presentó en el vino añejado durante 2 meses con chips, teniendo impacto en el estudio sensorial discriminativo del vino.
- Se caracterizaron y cuantificaron 6 compuestos volátiles durante el proceso de añejamiento del vino, la mayor concentración de estos compuestos se presentó en el vino añejado con chips. Los datos obtenidos de estas mediciones permitieron agrupar al vino según su tipo de añejamiento mediante Análisis de Componentes Principales.
- Se identificó a la butirolactona presente en el vino añejado después de 6 meses con chips de madera, en el vino añejado en barrica no se detectó cuantitativamente.
- Se caracterizó de forma sensorial el vino tinto añejado en barrica vs chips de madera mediante la generación de 23 descriptores sensoriales, los descriptores de vegetales fueron característicos del vino añejado con chips, mientras que los descriptores frutales fueron los típicos del vino añejado en barrica.
- Se realizó una prueba discriminativa triangular del vino tinto añejado en barrica vs chips de madera, el cual indicó que sólo los vinos añejados después de 2 y 6 meses en barricas vs chips fueron diferentes, esto coincide con los resultados obtenidos de la identificación y cuantificación de los compuestos volátiles y fenólicos.
- El uso de chips de madera para el añejamiento del vino tinto es recomendado debido a que sensorialmente puede ser igual al vino añejado en barricas, aunque se recomienda hacer más estudios del añejamiento del vino con chips en un ambiente oxidado para aproximar más la equivalencia en concentración de los compuestos volátiles y fenólicos.

8. Bibliografía

- Amerine M. A., Ough C. S. 1986. Análisis de vinos y mostos. Ed. John Wiley and Sons, Inc.
- Barrera García V. D., Gougeon Régis D., Voilley A., y Chassagne D. 2006. Sorption Behavior of Volatile Phenols at the Oak Wood/Wine Interface in a Model System. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 54, p 3982-3989.
- Barrera-García V. D., Gougeon Régis D., Di Majo D., De Aguirre C., Andrée V. y David C. 2007. Different Sorption Behaviors for Wine Polyphenols in Contact with Oak Wood. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 55, p 7021-7027.
- Bonerz, D.P.M, Nikfardjam Martin S., y Creasy Glen L. 2008. A new RP-HPLC method for analysis of polyphenols, anthocyanins, and indole-3-acetic acid in wine. *American Journal of Enology and Viticulture*. Vol. 59, No. 1, p 106-107.
- Brereton, R. G. 2003. Chemometrics data analysis for the laboratory and chemical plant. Wiley & Sons, England.
- Casassa F., Sari S., Avagnina S., Díaz M. y Catania C. 2008. Efecto del empleo de chips de roble y del tipo de tostado sobre la composición polifenólica y las características cromáticas y organolépticas de vinos merlot. *Revista Enología*, No. 2 Año V Mayo-Junio.
- Chatonnet, P., D. Dubourdieu, y J. N. Boirdron. 1992. Incidence of fermentation and ageing conditions of dry white wines in barrels on their composition in substances yielded by oak wood. *Sciences des Aliments*, Vol. 12, p 665-685.
- Clarke R.J. y Bakker J. 2004. Química del flavor del vino. Editorial ACRIBIA, S. A., Zaragoza, España.
- Del Alamo-Sanza, M., Nevares Domínguez, I., Cárcel-Cárcel, L. M., y Navas-Gracia, L. 2004. Analysis for low molecular weight phenolic compounds in a red wine aged in oak chips. *Analytica Chimica Acta*, Vol. 513, p 229-237.
- Del Barrio-Galán R., Ortega-Heras M., Sánchez-Iglesias M., y Pérez-Magariño S. 2012. Interactions of phenolic and volatile compounds with yeast lees, commercial yeast derivatives and non toasted chips in model solutions and young red wines. *European Food Research and Technology*, Vol. 234, p 231-244.
- Escalona Buendía, H. B. 1995. Evaluación estadística de metodología para pruebas sensoriales a través de estudios de caso. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad-Iztapalapa, D.F. México.

- Escalona, E., Birkmyre, L., Piggot, J. R., y Paterson, A. 2002. Effect of maturation in small oak casks on the volatility of red wine aroma compounds. *Analytica Chimica Acta*, Vol. 458, p 45–54.
- Escalona, H., Birkmyre, L., Piggott, J. R., & Paterson, A. 2002. Effect of maturation in small oak casks on the volatility of red wine aroma compounds. *Analytica Chimica Acta*, Vol. 458, p 45–54.
- Escribano-Bailón, T., Alvarez-Garcia, M., Rivas-Gonzalo, J. C., Heredia, F. J., y Santos-Buelga, C. 2001. Color and stability of pigments derived from acetaldehyde mediated condensation between malvidine-3-o-glucoside and (+)catechin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 49, No. 3, p 1213–1217.
- Fernández de Simón B., Cadahía E., Muiño I., Del Álamo M. y Nevares I. 2010. Volatile composition of toasted oak chips and staves and of red wine aged with them. *American Journal of Enology and Viticulture*, Vol. 61, No. 2, p 157-165.
- Ferreira V., Jarauta I., y Cacho J. 2006. Physicochemical model to interpret the kinetics of aroma extraction during wine aging in wood. Model limitations suggest the necessary existence of biochemical processes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 54, p 3047–3054.
- Ferrer-Gallego, R., Hernández-Hierro, J.M., Rivas-Gonzalo, J.C. y Escribano-Bailón, M.T. 2011. Multivariate analysis of sensory data of *Vitis vinifera* L. cv. Graciano during ripening. Correlation with the phenolic composition of the grape skins. *CyTA – Journal of Food*. Vol. 9, p 291–295.
- Flanzy, C. 2003. *Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos*. AMV-Mundi Prensa, Madrid, Spain.
- Fortin J. y Desplancke C. 2001. *Guía de selección y entrenamiento de un panel de catadores*. Editorial ACRIBA. S. A. ZARAGOZA. España.
- Frangipane, M. T., De Santis, D., y Ceccarelli, A. 2007. Influence of oak woods of different geographical origins on quality of wines aged in barriques and using oak chips. *Food Chemistry*, Vol. 103, p 46–54.
- Garde Cerdán T. y Ancín-Azpilicueta C. 2006. Effect of oak barrel type on the volatile composition of wine: Storage time optimization. *LWT-Food Science and Technology*, Vol. 39, Issue 3, p 199–205.
- Gawel, R. 1998. Red wine astringency: A review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Vol. 4, p 74–95.

- González-San José, M. L. 2002. Los compuestos fenólicos y la caracterización sensorial de los vinos. Rubes Editorial, Barcelona.
- Gutiérrez-Afonso, V.L. 2002. Sensory descriptive analysis between white wines fermented with oak chips and in barrels. *Journal of Food Science*, Vol. 67, p 2415–2419.
- Gutiérrez-Pulido, H., y De la Vara-Salazar, R., 2008. Análisis y diseño de experimentos. McGraw-Hill, México.
- Harris Daniel C., 2007. Análisis químico cuantitativo. Tercera edición, Editorial Reverté, España.
- ISO 8586–1:1993 Sensorial analysis-General guidance for selection, training and monitoring of assessors- Parte 1: Selected assessors. Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO 4120:2004(E) Sensory analysis — Methodology — Triangle test. Switzerland: International Organization for Standardization.
- Izquierdo Cañas P.M., García Romero E., Gómez Alonso S. y Palop Herreros M.L.L. 2008. Changes in the aromatic composition of Tempranillo wines during spontaneous malolactic fermentation. *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 21, p 724– 730.
- Jordão António M., Silva Jorge M. R., Laureano O., Adams A., Demyttenaere J., Verhé R. y De Kimpe N. 2006. Volatile composition analysis by solid-phase microextraction applied to oak wood used in cooperage (*Quercus pyrenaica* and *Quercus petraea*): effect of botanical species and toasting process. *Journal of Wood Science*, Vol. 52, p 514–52.
- Jourdes M., Michel J., Saucier C., Quideau S. y Teissedre Pierre-L. 2011. Identification, amounts, and kinetics of extraction of C-glucosidic ellagitannins during wine aging in oak barrels or in stainless steel tanks with oak chips. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, Vol. 401, p 1531–1539.
- Kotseridis, Y., Razungles, A., Bertrand, y A. Andbaumes, R. 2000. Differentiation of the aromas of Merlot and Cabernet Sauvignon wines using sensory and instrumental analysis. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol. 48, p 5383–5388.
- Lawless, HT., y Heymann, H. 2010. Sensory evaluation of food principles and practices. Edition Springer.
- López, R., Ferreira, V., Hernández, P. y Cacho, J. 1999. Identification of impact odorants of young red wines made with Merlot, Cabernet Sauvignon and Grenache grape varieties: A comparative study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 79, p 1461–1467.

- Matějčiček, D., Mikeš, O., Klejdus, B., Štěrbová, D., & Kubán, V. 2005. Changes in contents of phenolic compounds during maturing of barrique red wines. *Food Chemistry*, Vol. 90, p 791–800.
- Morales M.L., Benitez B. y Troncoso A.M. 2004. Accelerated aging of wine vinegars with oak chips: evaluation of wood flavour compounds. *Food Chemistry*, Vol. 88, p 305–315.
- Nikfardjam, M. S. P., Márk, L., Avar, P., Figler, M., y Ohmacht, R. 2006. Polyphenols, anthocyanins, and trans-resveratrol in red wines from the Hungarian Villány region. *Food Chemistry*, Vol. 98, p 453–462.
- NMX-V-012-NORMEX2005
- Noble A.C., Arnold R.A., Buechsenstein J., Leach E.J., Schmidt J.O., y Stern P.M. 1987. Modification of a Standardized System of wine aroma terminology. *American Journal of Enology and Viticulture*, Vol. 38, p 143-151.
- O`Mahony, M. 1991. Descriptive analysis and concept alignment. *Macel Dekker*, USA.
- Ozan Gürbüz, June M. Rouseff, y Russell L. Rouseff. 2006 .Comparison of aroma volatiles in commercial merlot and cabernet sauvignon wines using gaschromatography–olfactometry and gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol. 54, p 3990–3996.
- Paixaõ, N., Perestrelo, R., Marques, J. C., y Câmara, J. S. 2007. Relationship between antioxidant capacity and total phenolic content of red, rosé and white wines. *Food Chemistry*, Vol. 105, p 204–214.
- Pedrero, D., y Pangborn, R. M. 1989. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. Alhabra Mexicana, México.
- Pérez-Coello M. S., y Díaz-Maroto M. C. 2009. Volatile compounds and wine aging. wine chemistry and biochemistry. *Springer Science+Business Media*, LLC Chapter 8.
- Pérez-Magariño, S., y González-San José, M. L. 2004. Evolution of flavanols, anthocyanins, and their derivatives during the aging of red wines elaborated from grapes harvested at different stages of ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 52, p 1181–1189.
- Piggot, J y Canaway, P. 1981. Finding the way for it methods and uses of descriptive sensory analysis. *In Flavour `81* Berlin: Walter de Gruyter & Co. Alemania.




- Puech J.-L., Feuillat F., y. Mosedale J. R. 1999. The tannins of oak heartwood: structure, properties, and their influence on wine flavor. *American Journal of Enology and Viticulture*, Vol. 50, No. 4, p 469-478.
- Puech, J. L. 1987. Extraction of phenolic compounds from oak wood in model solutions and evolution of aromatic aldehydes in wines aged in oak barrels. *American Journal of Enology and Viticulture*, Vol. 38, p 236–238.
- Rankine, B. 2000. Manual práctico de enología. Editorial ACRIBIA S. A. España.
- Rapp y H. Mandery. 1986. Wine aroma. *Experientia*, Vol. 42, p 837-884.
- Revilla, I., y González-San José, M. L. 2001. Effect of different oak woods on aged wine color and anthocyanin composition. *European Food Research and Technology*, Vol. 213, p 281–285.
- Reyes A., Verde J. Ramón, Escamilla Ma. De Lourdes. 1993. Añejamiento y vinificaciones especiales: Enología Vol. II. Libros de texto y manuales de práctica. UAM-I.
- Reyes A., Verde J. Ramón, Escamilla Ma. De Lourdes. 1992. Añejamiento y vinificaciones especiales: Enología Vol. I. Libros de texto y manuales de práctica. UAM-I.
- Ribereau-Gayon P., Glories Y., Maujean A. y Dubourdieu D. 1998. *Traite d'oenologie 2. Chimie du vin, stabilization et traitements*. Dunod, Paris.
- Scacco A., Lanza C. M., Mazzaglia A., Tripodi G., Dima G., y Verzera A. 2010. Correlation between aroma compounds and sensory properties of passito malvasia wines produced in sicily. *American Journal of Enology and Viticulture*, Vol. 61, No. 2, p 260-265.
- Schumacher R., Alañón M. E., Castro-Vázquez L., Pérez-Coello M. Soledad y M. Díaz-Maroto C. 2013. Evaluation of oak chips treatment on volatile composition and sensory characteristics of merlot wine. *Journal of Food Quality*, Vol. 36, p 1–9.
- Spillman, P. J., Iland, P. G., y Sefton, M. A. 1998. Accumulation of volatile oak compounds in a model wine stored in American and Limousin oak barrels. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Vol. 4, p 67–73.
- Stutz, T., Lin, S., y Herdman, I. Barrel. 1999. Systems-A users perspective. Presented at International Symposium on Oak in Winemaking". *American Journal of Enology and Viticulture*, Vol. 50, p 541–543.

- Towey John P. y Waterhouse Andrew I. 1996. The extraction of volatile compounds from french and american oak barrels in chardonnay during three successive vintages. American Journal of Enology and Viticulture, Vol. 47, No. 2, p 163-172.
- Wilker, K.L. y Gallander, J.F. 1988. Comparison of Seyval Blanc wine aged in barrels and stainless steel tanks with oak chips. American Journal of Enology and Viticulture, Vol. 39, p 38-43.

9. Anexos

Anexo A

Especificaciones técnicas del equipo utilizado en la el proceso de vinificación.

| Operación unitaria | Especificaciones técnicas | Imagen |
|--|---|---|
| Recepción de la uva | <p>Cajas de plástico</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de 30Kg |  |
| Despalillado Molienda (Estrujado) | <p>Despalilladora/Estrujadora</p> <ul style="list-style-type: none">• Totalmente fabricada en acero inoxidable• Motor trifásico 380 V Hz50 con variador velocidad mecánico• Suministradas con ruedas• Tambores cilíndricos giratorios• Estrujadora desplazable• Árbol despalillador con espátulas de goma (fijas)• Capacidad: 1Tonelada/h |  |
| Encubado Maceración Fermentación | <p>Tanque de acero inoxidable</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de 5000L• Depósito de 2 puertas• Boca lateral• Con termómetro• Con patas |  |
| Inoculación | <p>Levadura EC-1118</p> <ul style="list-style-type: none">• La producción extremadamente baja de la espuma• Esta cepa fermenta bien en un rango muy amplio de temperaturas, desde | |

| | | |
|---|--|--|
| | <p>10° a 30°C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demuestra una alta tolerancia osmótica y al alcohol • Floculación buena con fondo compacto y un sabor relativamente neutral |  |
| <p>Remontaje Recirculación Trasiego</p> | <p>Manguera</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10in de diámetro • Material: plástico <p>Bomba a diafragma</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material: acero inoxidable • 400 ciclos por min. • Temperatura máxima del líquido: 100°C |  |
| <p>Prensado</p> | <p>Prensa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prensa manual • Material: madera • Capacidad de 170L |  |

Anexo B

Cartel informativo.



The poster features a header with the logo of Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa and the slogan 'Casa abierta al tiempo'. The main title is 'Los laboratorios de Enología y Análisis Sensorial'. A central image shows a wine glass filled with red wine on a decorative tablecloth. To the right, a green box contains the invitation text, and a yellow box below it lists details: limited capacity of 20 people, a duration of one trimester (013-I), and registration dates from January 6 to 22, 2013. Contact information for registration is provided at the bottom right. At the bottom left, there is a QR code and a Facebook link to a group named 'Jueces sensoriales de Vino Tinto'.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA

Casa abierta al tiempo

Los laboratorios de Enología y Análisis Sensorial

Te invitan a participar como juez analítico sensorial de **Vino Tinto**

Cupo limitado:
20 personas

Duración:
Trimestre 013-I

Registro:
6 al 22 de Enero del 2013

Informes y registro:
sensorialmerlot@hotmail.com

HAZ LA PRUEBA **MÉXICO & VINO**

facebook join our group **Jueces sensoriales de Vino Tinto**

Anexo C

CUESTIONARIO DE PRESELECCION DE JUECES SENSORIALES

Nombre _____ Edad _____ Sexo _____
Fecha _____ Escolaridad Máxima _____

Salud:

¿Padece de alguna enfermedad que puede afectar sus sentidos? Si _____ No _____ Cual?

Frecuencia _____

¿Toma algún medicamento que afecte su sentido del olfato o gusto?

No _____ Si _____

¿Es daltónico? No _____ Si _____

Hábitos:

¿Fuma? No _____ Si _____

¿Cuántos cigarrillos al día? _____

Horario de trabajo _____ am a _____ pm

Horario de alimentos:

Desayuno _____ AM

Comida _____ PM

Cena _____ PM

¿Padece de alguna intolerancia a algún alimento? No _____ Si _____

¿Cuál (es)? _____

¿Le disgusta en particular algún alimento? No _____ Si _____

¿Cuál(es)? _____

¿Consume usted vino? No _____ Si _____

¿Qué tipo de vino consume más?

Tinto _____ Blanco _____ Rosado _____ Espumoso _____

Otro _____ ¿Cuál? _____

¿Estaría dispuesto a participar en pruebas sensoriales para evaluar vino tinto?

No _____ Si _____

¿En qué horario quisiera participar (1 ó 2 veces por semana)?

Mañana _____ Tarde _____ Hora exacta preferida: _____

Habilidades analíticas:

I. Evalúe del 1 al 8 (donde 1 es el mínimo y 8 el máximo) los siguientes atributos de su persona.

Tolerancia: _____

Disciplina: _____

Puntualidad: _____

Iniciativa: _____

Honestidad: _____

II. Describe el olor y sabor de un platillo que haya consumido ayer (no use calificativos que indiquen si le gustó o no, como agradable o malo).

Gracias por participar!

Anexo D

Prueba de selección de jueces para evaluación sensorial de vino tinto

Identificación de sensaciones de olor

Nombre: _____

Correo electrónico: _____

Instrucciones:

A continuación se te presentan 5 muestras para que evalúes su olor. Huele cada una de ellas y a continuación describe la nota de olor asociándola con algún material, producto o sustancia te recuerde

| Muestra | Descriptor |
|---------|------------|
| LZBR | _____ |
| SBGJ | _____ |
| KMAS | _____ |
| TCVO | _____ |
| NIWF | _____ |

Una vez realizada la descripción, percibe el olor de las otras cinco muestras que tienen las mismas sustancias e indica en cada caso el código de la muestra a la cuál sea idéntica.

| Muestra | Código de la muestra idéntica |
|---------|-------------------------------|
| 2187 | _____ |
| 3054 | _____ |
| 1048 | _____ |
| 0029 | _____ |
| 9207 | _____ |

¡GRACIAS POR PARTICIPAR!

Anexo E

CUESTIONARIO DE UMBRAL DE OLOR

Nombre _____ Edad _____ Sexo _____
Fecha _____ Escolaridad Máxima _____

INSTRUCCIONES: Huela las muestras de izquierda a derecha y califique según su intensidad de olor, de acuerdo a la siguiente escala.

- 0 No sensación
- 1 Sensación presente pero no identificada
- 2 Sensación presente e identificada
- 3 Sensación notable e identificable

| Muestras | 0813 | 3373 | 6895 | 2217 |
|-------------------|------|------|------|------|
| Calificación | | | | |
| Nota identificada | | | | |

Gracias por su cooperación!

Anexo F

Diferenciación de vino tinto

Nombre _____ Edad _____ Sexo _____ Fecha _____

Escolaridad Máxima _____ E-mail _____

Instrucciones: Pruebe las tres muestras de izquierda a derecha según el orden mostrado en este cuestionario. Encierre en un círculo el número de la muestra diferente de las otras dos. Coma un poco de pan entre muestra y muestra.

1.-Muestras:

| | | |
|-----|-----|-----|
| 423 | 488 | 465 |
|-----|-----|-----|

2.-Indique el grado de diferencia que encuentra:

| | | |
|------|----------|------------|
| Leve | Moderado | Importante |
|------|----------|------------|

3.-Indique cual(es) es (son) la(s) característica(s) más importante(s) en la que usted observa diferencia y en qué orden:

4.-Comentarios

¡Gracias por tu participación!

Anexo G

This article was downloaded by: [Universidad Autonoma Metropolitana], [Josefa Espitia]
On: 21 May 2014, At: 09:51
Publisher: Taylor & Francis
Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered office: Mortimer House, 37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK



CyTA - Journal of Food

Publication details, including instructions for authors and subscription information:
<http://www.tandfonline.com/loi/tyct20>

Multivariate study of the evolution of phenolic composition and sensory profile on mouth of Mexican red Merlot wine aged in barrels vs wood chips

J. Espitia-López^a, H.B. Escalona-Buendía^a, H. Luna^b & J.R. Verde-Calvo^a

^a Departamento de Biotecnología. Laboratorio de Enología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, D.F., C.P. 09340, México

^b Departamento de Sistemas Biológicos. Laboratorio de Biocatálisis Aplicada, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Mexico, D.F., C.P. 04960, Mexico

Published online: 15 May 2014.

To cite this article: J. Espitia-López, H.B. Escalona-Buendía, H. Luna & J.R. Verde-Calvo (2014): Multivariate study of the evolution of phenolic composition and sensory profile on mouth of Mexican red Merlot wine aged in barrels vs wood chips, CyTA - Journal of Food, DOI: [10.1080/19476337.2014.907826](https://doi.org/10.1080/19476337.2014.907826)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2014.907826>

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

Taylor & Francis makes every effort to ensure the accuracy of all the information (the "Content") contained in the publications on our platform. However, Taylor & Francis, our agents, and our licensors make no representations or warranties whatsoever as to the accuracy, completeness, or suitability for any purpose of the Content. Any opinions and views expressed in this publication are the opinions and views of the authors, and are not the views of or endorsed by Taylor & Francis. The accuracy of the Content should not be relied upon and should be independently verified with primary sources of information. Taylor and Francis shall not be liable for any losses, actions, claims, proceedings, demands, costs, expenses, damages, and other liabilities whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with, in relation to or arising out of the use of the Content.

This article may be used for research, teaching, and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, redistribution, reselling, loan, sub-licensing, systematic supply, or distribution in any form to anyone is expressly forbidden. Terms & Conditions of access and use can be found at <http://www.tandfonline.com/page/terms-and-conditions>