



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

**ATRIBUTOS DE DIFERENCIACIÓN Y AUTENTICIDAD EN VINO DE VALLE
DE PARRAS, COAHUILA**



TESIS

Que como requisito para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

APROBADA



Presenta:

BIBIANA MONTES ARTEAGA

Bajo la dirección de: DR. ANASTACIO ESPEJEL GARCÍA

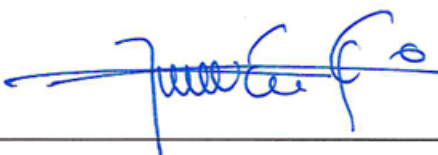


Chapingo, Estado de México, noviembre de 2024

ATRIBUTOS DE DIFERENCIACIÓN Y AUTENTICIDAD EN VINO DE VALLE DE PARRAS, COAHUILA

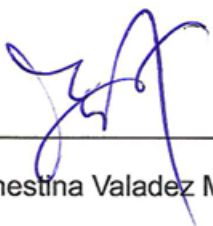
Tesis realizada por **BIBIANA MONTES ARTEAGA** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

Director: 
Dr. Anastacio Espejel García

Asesor: 
Dr. Arturo Hernández Montes

Asesor: 
Dr. José Juan Ordaz Ortiz

Asesora: 
Dra. Ernestina Valadez Moctezuma

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE CUADRO	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
DEDICATORIAS	ix
DATOS BIOGRÁFICOS	x
RESUMEN GENERAL	xi
GENERAL ABSTRACT	xii
1 INTRODUCCIÓN GENERAL	13
1.1 Literatura citada	15
2 REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1 Marco teórico	17
2.1.1 El vino	17
2.1.2 Variedad Cabernet Sauvignon	17
2.1.3 Caracterización metagenómica	18
2.1.4 El terroir y su influencia en el vino	20
2.1.5 Caracterización de volátiles en los alimentos	21
2.1.6 Análisis sensorial en alimentos	23
2.1.7 Valoración económica de los alimentos	25
2.2 Marco de referencia	27
2.2.1 Producción del vino	27
2.2.2 Región de estudio	28
2.3 Literatura citada	30
3 CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y PERFIL SENSORIAL DEL VINO	40
RESUMEN	40
ABSTRACT	41
3.1 Introducción	42

3.2	Materiales y métodos	44
3.2.1	Área y objeto de estudio.....	44
3.2.2	Caracterización del proceso de producción	45
3.2.3	Análisis sensorial de vino	45
3.2.4	Análisis estadístico	46
3.3	Resultados y discusión	46
3.3.1	Caracterización del proceso de producción de vino tinto	46
3.3.2	Perfil flash de vinos tintos Cabernet Sauvignon	51
3.4	Conclusiones.....	55
3.5	Literatura citada	57
4	CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y METAGENÓMICA DEL VINO...	62
	RESUMEN.....	62
	ABSTRACT	63
4.1	Introducción.....	64
4.2	Materiales y métodos	65
4.2.1	Objeto de estudio	65
4.2.2	Caracterización metagenómica	66
4.2.3	Determinación de compuestos volátiles	67
4.3	Resultados y discusión	68
4.3.1	Perfil taxonómico durante la fermentación del mosto para vino Cabernet Sauvignon.....	68
4.3.2	Compuestos volátiles en muestras de vino Cabernet Sauvignon	71
4.4	Conclusiones.....	76
4.5	Literatura citada	77
5	ATRIBUTOS DE VALORACIÓN Y DISPOSICIÓN A PAGAR EN VINO TINTO MEXICANO MEDIANTE EXPERIMENTOS DE ELECCIÓN DISCRETA	84
	RESUMEN.....	84
	ABSTRACT	85
5.1	Introducción.....	86
5.2	Materiales y métodos	88
5.2.1	Población objetivo	88
5.2.2	Generación de atributos y niveles	88

5.2.3	Diseño estadístico experimental.....	89
5.2.4	Diseño de encuesta.....	90
5.3	Análisis estadístico.....	91
5.4	Resultados y discusión	91
5.4.1	Análisis econométrico.....	94
5.5	Conclusiones.....	96
5.6	Literatura citada	97
6	CONCLUSIONES GENERALES.....	102

LISTA DE CUADRO

Cuadro 1. Ubicación geográfica de vitivinícolas estudiadas.	44
Cuadro 2. Discriminación de atributos por panelistas.	51
Cuadro 3. Ubicación geográfica de vitivinícolas estudiadas.	66
Cuadro 4. Descripción de aromas y compuestos volátiles identificados en vino Cabernet Sauvignon y sus microorganismos precursores.	75
Cuadro 5. Atributos y niveles utilizados en experimentos de elección discreta.	88
Cuadro 6. Combinaciones empleadas en experimentos de elección discreta.	89
Cuadro 7. Características sociodemográficas y de consumo.	92
Cuadro 8. Hábito de consumo por característica sociodemográfica.	93
Cuadro 9. Resultados econométricos.	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principales productores de vino en México.....	28
Figura 2. Ubicación geográfica de vitivinícolas estudiadas.....	45
Figura 3. Proceso de producción de vino tinto en Valle de Parras, Coahuila.....	50
Figura 4. Factores de escalamiento del Análisis Procustes Generalizado de cada panelista.	52
Figura 5. Índice de consenso (Rc) del panel.....	53
Figura 6. Atributos consensuados por panelistas (●) en perfil flash y ubicación de cuatro tipos de vino de Parras, Coahuila (●) obtenidos por Análisis Procusteano Generalizado (APG).	54
Figura 7. Abundancia relativa de principales filos presentes en muestras de mosto de uva.....	69
Figura 8. Abundancia relativa de principales géneros de bacterias y hongos presentes en muestras de mosto de uva.	70
Figura 9. (a) Compuestos volátiles presentes en muestra de vino Cabernet Sauvignon de vitivinícola Casa Madero, (b) Hacienda Florida, (c) Rivero González y (d) Universidad Tecnológica de Parras.....	72
Figura 10. Diagrama de Venn de número de compuestos compartidos y únicos en muestras de vino Cabernet Sauvignon.	74
Figura 11. Ejemplo de conjunto de opciones de compra de vino.....	91

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías por el financiamiento para la culminación de mis estudios.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, por la oportunidad de culminar la maestría.

Al Dr. Anastacio Espejel García por la dirección y apoyo durante el desarrollo de la investigación.

Al Dr. Arturo Hernández Montes por su colaboración y guía durante este proceso.

A mis asesores, la Dra. Ernestina Valadez Moctezuma y José Juan Ordaz Ortiz por sus consejos y colaboración.

A la Maestra Adriana E. Vidal Caballero rectora de la Universidad Tecnológica de Parras por su apoyo durante la fase de campo.

A las vitivinícolas Casa Madero, Rivero González, Universidad Tecnológica de Parras y Hacienda Florida por brindarme la información necesaria durante toda la investigación.

DEDICATORIAS

A mis padres, Griselda Arteaga Rincón y Everardo Montes Vega, por su amor, motivación y apoyo a lo largo de esta travesía. Les dedico este logro con amor y gratitud.

A mis hermanos, Mayra Valeria, Rodrigo y Judith, por su apoyo y motivación.

A María Fernanda Hernández Hernández, por su amor y motivación.

A mis amigos y compañeros de generación, Ricardo, Alfonso, Mariana, Williams, Darío y Metzli, por su apoyo, amistad y aventuras vividas a lo largo de estos dos años.

A mis amigos, Karla, Guillermo, María Luisa, Roberto, Lucero, por todo su apoyo y sobre todo por su amistad incondicional.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Bibiana Montes Arteaga

Fecha de nacimiento: 21 de diciembre de 1997

Lugar de nacimiento: Querétaro, Querétaro

CURP: MOAB971221MQTNRB09

Profesión: Ingeniero Agroindustrial

Cedula profesional: 12929476



Desarrollo académico

Bachillerato: Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo

Licenciatura: Universidad Autónoma Chapingo

RESUMEN GENERAL

ATRIBUTOS DE DIFERENCIACIÓN Y AUTENTICIDAD EN VINO DE VALLE DE PARRAS, COAHUILA

El vino es una bebida resultante de la fermentación del mosto de uva, dicha bebida cuenta con una gran cantidad de compuestos volátiles y no volátiles, que le otorgan atributos sensoriales únicos. Los objetivos del presente estudio fueron, caracterizar el proceso de producción de vino tinto en cuatro vitivinícolas; identificar el perfil de compuestos volátiles; identificar los microorganismos asociados en la elaboración de vino; identificar atributos de valoración económica. Se realizó la caracterización del proceso de producción mediante entrevista directa a enólogos de cada vitivinícola. Se determinaron los compuestos volátiles de vino Cabernet Sauvignon mediante microextracción en fase sólida y cromatografía de gases. El perfil descriptivo sensorial del vino Cabernet Sauvignon se obtuvo mediante la técnica sensorial Perfil Flash. Se aplicó una encuesta a 300 consumidores de vino para obtener la importancia que otorgan a los atributos del vino, al momento de la compra, mediante la metodología de Experimentos de Elección Discreta. El proceso de producción de vino tinto comprendió 12 etapas, existiendo variaciones entre cada vitivinícola. Los seis atributos sensoriales identificados permitieron diferenciar a cada vino. Los compuestos volátiles y microorganismos identificados variaron en cada vitivinícola lo cual puede atribuirse al terroir, así como a las diferencias en el proceso de elaboración. Asimismo, los consumidores toman en cuenta los atributos origen, variedad de uva, tipo de vino y precio al momento de comprar un vino.

Palabras clave: vino tinto, compuestos volátiles, valoración, proceso de producción, microorganismos.

GENERAL ABSTRACT

DIFFERENTIATION ATTRIBUTES AND AUTHENTICITY IN WINE FROM VALLE DE PARRAS, COAHUILA

Wine is a drink that comes from grape fermentation. This drink contains a great variety of volatile and non-volatile compounds which gives its unique sensory attributes. The objectives of this research were: the production process characterization of red wine through viticulture, analysis of volatile compounds, analysis of microorganisms related to wine elaboration, and the analysis of economic valuation attributes. The characterization of red wine was carried out with interviews to oenologists from every viticulture. The volatile compounds from Cabernet Sauvignon wine were measured by solid phase microextraction and gas chromatography. The descriptive profile from Cabernet Sauvignon was obtained through sensorial Flash Profile technique. A survey was applied to 300 wine consumers in order to obtain the importance that they give to wine attributes when purchasing the product making use of the Discrete Choice Experiments methodology. The production process of red wine went through 12 steps, existing variations in every viticulture. Six attributes identified allowed to differentiate every wine. The identification of volatile compounds and microorganisms differed in every viticulture which can be attributed to the terroir, as well as the differences on the elaboration process. Also, consumers take in consideration the attributes, origin, type of grape, type of wine and the cost when buying.

Key words: red wine, volatile compounds, valuation, production process, microorganisms.

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

La palabra “vino” proviene del latín *Vinium* que deriva del griego *oinos* (Palmero, 2014), de acuerdo con la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV por sus siglas en inglés), “el vino es la bebida resultante de la fermentación alcohólica total o parcial del mosto de uvas (*Vitis vinifera*)”. El vino tiene una composición muy diversa, contiene compuestos volátiles y no volátiles, como: fenoles, minerales, ácidos orgánicos, etc., los cuales son derivados de la uva, el metabolismo de levaduras y bacterias, y el proceso de maduración en barricas (Ranaweera et al., 2021a; Waterhouse, Sacks y Jeffery, 2016). La concentración de los compuestos en los vinos está profundamente influenciada por el concepto de *terroir*, que abarca una serie de factores como la variedad de uva, las condiciones climáticas, las prácticas culturales y el proceso de vinificación (Yue et al., 2015). La influencia del *terroir* en los compuestos presentes en los vinos resulta en que cada región productora ofrezca vinos con características únicas, debido a las variaciones en las condiciones edáficas y climáticas específicas de cada zona (Foroni et al., 2017; Priori et al., 2019).

Debido a la gran diversidad existente en los vinos, la adulteración de estos se ha vuelto una práctica común. Por lo tanto, para confirmar la autenticidad del vino, se ha vuelto necesaria la aplicación de diversas técnicas analíticas con el fin de identificar los componentes químicos presentes (Popîrda et al., 2021; Ranaweera et al., 2021b). Entre las técnicas utilizadas para validar la autenticidad se encuentra la cromatografía, que se emplea para la cualificación y cuantificación de compuestos volátiles y no volátiles.

Otro método utilizado es la extracción de ADN del mosto, que tiene como objetivo identificar la variedad de uva utilizada en la elaboración del vino y conocer los microorganismos presentes (Popîrda et al.,2021)

México es un importante productor de vinos, siendo el estado de Coahuila pionero en la producción de vino en todo el continente americano (Corona, 2002). Las diversas condiciones climáticas de México han favorecido la producción de vino en diferentes regiones del país. Estas condiciones han permitido la elaboración de vinos de alta calidad, que han alcanzado reconocimiento a nivel internacional" (Alonso-Villegas et al.,2024; De la Cruz et al.,2012). En este contexto, es fundamental aportar información relevante mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica del vino. Este análisis permite identificar los atributos que lo diferencian de otros productos, asegurando su competitividad en el mercado y facilitando la inclusión de pequeñas y medianas empresas en la industria vinícola.

Por ello, el objetivo general del presente trabajo fue identificar los atributos de diferenciación y autenticidad en vino proveniente de diferentes vitivinícolas de Valle de Parras, Coahuila mediante la caracterización fisicoquímica, sensorial y metagenómica.

La hipótesis planteada fue que la carcterización fisicoquímica, sensorial, metagenómica y de producción pueden funcionar como elementos para identificar los atributos de diferenciación en vino de Valle de Parras, Coahuila.

La presente investigación se conforma con de 5 capítulos. El primer capítulo contiene la introducción general. El segundo capítulo consta del marco teórico y marco de referencia. El capítulo tres consiste en la caracterización del proceso de producción del vino de cuatro vitivinícolas, así como del perfil sensorial del vino. El cuarto capítulo consiste en la caracaterización fisicoquímica del vino, mediante el uso de cromatografía de gases, así como la caracterización metagenómica del vino, con la finalidad de identificar los microorganismos que

intervienen en el proceso de producción. El quinto capítulo consiste en la identificación de atributos de valoración del vino, la finalidad fue conocer aquellos atributos que los consumidores consideran importantes al momento de realizar una compra de vino.

1.1 Literatura citada

- Alonso-Villegas, R., De Haro-Porras, D. A., Maya-Meraz, I. O., & Pérez-Leal, R. (2023). Análisis de la producción científica e investigación en Viticultura y Enología de México. *CIENCIA ergo sum*, 31. <https://doi.org/10.30878/ces.v31n0a24>
- De la Cruz-de Aquino, M. A., Martínez-Peniche, R. A., Becerril-Román, A. E., & Chávaro-Ortiz, M. del S. (2012). Caracterización física y química de vinos tintos producidos en Querétaro. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(Especial_5), 61. https://doi.org/10.35196/rfm.2012.especial_5.61
- Foroni, F., Vignando, M., Aiello, M., Parma, V., Paoletti, M. G., Squartini, A., & Rumiati, R. I. (2017). The smell of terroir! Olfactory discrimination between wines of different grape variety and different terroir. *Food Quality and Preference*, 58, 18-23. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.12.012>
- Palmero, J. R. (2014). El vino y la cultura. *Anales de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid*, 51, 201-240.
- Popîrdă, A., Luchian, C. E., Cotea, V. V., Colibaba, L. C., Scutarașu, E. C., & Toader, A. M. (2021). A review of representative methods used in wine authentication. *Agriculture*, 11(3), 225. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030225>
- Priori, S., Pellegrini, S., Perria, R., Puccioni, S., Storchi, P., Valboa, G., & Costantini, E. A. C. (2019). Scale effect of terroir under three contrasting vintages in the Chianti Classico area (Tuscany, Italy). *G*
- Ranaweera, R. K. R., Capone, D. L., Bastian, S. E. P., Cozzolino, D., & Jeffery, D. W. (2021a). A review of wine authentication using spectroscopic approaches in combination with chemometrics. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(14), 4334. <https://doi.org/10.3390/molecules26144334>
- Ranaweera, R. K. R., Gilmore, A. M., Capone, D. L., Bastian, S. E. P., & Jeffery, D. W. (2021b). Authentication of the geographical origin of Australian Cabernet Sauvignon wines using spectrofluorometric and multi-element analyses with multivariate statistical modelling. *Food Chemistry*, 335(127592), 127592. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127592>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016). *Understanding Wine Chemistry*. UK: John Wiley & Sons Ltd.

Yue, T.-X., Chi, M., Song, C.-Z., Liu, M.-Y., Meng, J.-F., Zhang, Z.-W., & Li, M.-H. (2015). Aroma characterization of Cabernet Sauvignon wine from the plateau of Yunnan (China) with different altitudes using SPME- GC/MS. *International Journal of Food Properties*

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico

2.1.1 El vino

El vino es una bebida muy popular y con gran importancia alrededor del mundo, principalmente en los países con mayor producción. La palabra “vino” proviene del latín *Vinium* que deriva del griego *oinos*. El vino se puede definir como aquella bebida alcohólica proveniente de la fermentación total o parcial del jugo de uva (*Vitis vinifera*) debido a la acción de levaduras, principalmente del género *Saccharomyces* (Alañon, Pérez-Coello & Marina, 2015; Puigi, 2015).

De acuerdo con la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV, 2023), el vino es “la bebida resultante de la fermentación alcohólica, completa o parcial, de uvas frescas, estrujadas o no, o de mosto de uva”.

2.1.2 Variedad Cabernet Sauvignon

La variedad Cabernet Sauvignon, también conocida como Boucher, Bouche, Petit-Bouchet, Petit-Cabernet, Petit Vidure, Vidure o Sauvignon Rouge, es una de las variedades tintas más conocidas y cultivadas en el mundo. Esta variedad es originaria de Burdeos, Francia y es el resultado de la cruce entre las variedades Cabernet Blanc y Cabernet Franc. Se desarrolla de manera adecuada en climas templados y secos, sus bayas son pequeñas esféricas, de piel espesa y dura, con un pigmento negro profundo. Su pulpa es firme, crujiente y rica en taninos. Requiere de un mayor tiempo de maduración para poder resaltar sus cualidades y aromas a frutos rojos, ciruela, aceituna, cassis, chocolate, eucalipto, higo, tabaco y pimienta negra (Instituto Nacional de Vitivinicultura, 2022).

-<En México es la uva tinta con mayor producción, representando el 22 % de la producción total (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2022), puesto que muchas vinícolas la utilizan para producir sus mejores vinos, al ser una de las variedades con mayor calidad y fama en el mundo (Bodenstedt, 2012).

2.1.3 Caracterización metagenómica

En 1977, Frederick Sanger creó un método de secuenciación de ADN altamente eficiente conocido como secuenciación de Sanger, basado en el principio de terminación de cadena. Debido a su eficacia, este método se convirtió en la tecnología estándar utilizada en la “primera generación” de secuenciaciones comerciales y de laboratorio para la secuenciación del ADN (Hernández et al., 2020; Liu et al., 2012). Sin embargo, la secuenciación por ampliaciones tiene varias limitaciones, de las cuales se puede destacar la variabilidad en las estimaciones de diversidad debido a un mal ensamblaje y solo se puede obtener la clasificación taxonómica y no sus funciones (Sharpton, 2014).

A principios del siglo XXI surgieron nuevos métodos de secuenciación, basados en la pirosecuenciación y la denominada Secuenciación de Nueva Generación (Next-Generation Sequencing o NGS) (Hernández et al., 2020). La NGS son diferentes a los métodos tradicionales (secuenciación de Sanger), pues incluyen métodos de secuenciación paralelos, de alto rendimiento, el análisis de datos masivos y costos reducidos, lo cual permite realizar estudios a gran escala, como éxomica, metagenómica, epigenómica y transcriptómica, entre otros (Caamal-Chan, Barraza y Loera-Muro, 2022; Ma, Prince y Aagaard, 2014).

Entre las técnicas NGS más utilizadas en la secuenciación masiva se encuentra la pirosecuenciación 454/Roche (utilizada en secuenciación 16S), el sistema Illumina/Solexa (utilizada en secuenciación shotgun) y la secuenciación de molécula única Helicos. La plataforma más utilizada en la secuenciación shotgun es Illumina, pues es una plataforma con mayor disponibilidad, altos rendimientos y su precisión es mayor. Illumina se basa en la secuenciación por síntesis (SBS)

de las moléculas que están unidas a una superficie donde los grupos clonales se generan a través de un puente de amplificaciones. Las principales ventajas de Illumina sobre la pirosecuenciación, es que ofrece una mayor información sobre el ensamblaje de los genomas, genera una mayor abundancia en cuanto a la identificación hasta nivel de especie y la predicción de genes, y brinda información sobre las rutas metabólicas (Hernández-De Lira et al.,2014; Ma, Prince y Aagaard, 2014; Quince et al.,2017).

El término de “metagenómica” fue utilizado por primera vez por Handelsman en 1998, este término se refiere al análisis de las funciones del ADN de diferentes especies en ambientes distintos (Handelsman et al.,1998). La metagenómica va enfocada principalmente al estudio de genomas de microorganismos no cultivables y de baja abundancia con el fin de investigar, clasificar y manipular el material genético aislado de cualquier muestra como: suelo, agua, ecosistema intestinal, biodigestores y microbiota vegetal (Bulgarelli et al.,2013; Hernández-De Lira et al.,2014).

Dentro de la metagenómica se encuentra la secuenciación masiva no dirigida conocida como “Shotgun”, este método incluye la secuenciación del ADN total de los genomas de los organismos que se encuentran en un ambiente determinado, con la cual se pueden clasificar todos los microorganismos hasta nivel de especie, aunado a esto, se pueden encontrar genes que no han sido descritos anteriormente. Para realizar estas clasificaciones se hace uso de herramientas bioinformáticas que buscan la homología con secuencias ya existentes (Caamal-Chan, Barraza y Loera-Muro, 2022; Cortés-López, Ordonéz-Banquera, Domínguez-Viveros, 2020).

Sin embargo, dentro de las desventajas encontradas en la secuenciación shotgun, es que el análisis bioinformático representa un obstáculo en la obtención y comprensión de los resultados, además que aun es costoso secuenciar y analizar una gran cantidad de metagenomas (Liu et al.,2012; Quince et al.,2017). A diferencia de la secuenciación 16S, shotgun no solo ayuda a conocer los

microorganismos presentes en una muestra, si no que también brinda información sobre lo que estos microrganismo son capaces de hacer (Sharpton, 2014).

2.1.4 El terroir y su influencia en el vino

El efecto de la naturaleza y sus recursos asociados a la calidad de un vino es evidente, pues de estos dependen de que la vid tenga un buen desarrollo y se produzcan los compuestos químicos necesarios para la producción de un buen vino. La maduración es influenciada por la temperatura del suelo, el contenido de nitrógeno y nivel hídrico de la vid, cuanto menor sea el nivel hídrico, la velocidad de maduración aumenta. El nitrógeno, además de ayudar en la maduración, también influye en el rendimiento y el vigor de la vid (Van Leeuwen & Seguin, 2006).

El “terroir” o comúnmente conocido como “terruño”, actualmente es utilizado en la clasificación de diversos alimentos, principalmente aquellos denominados como “Alimentos Tradicionales”, ya que se sus atributos se asocian fuertemente al lugar de origen. El término “terroir”, hace referencia a los factores asociados al medio ambiente: relieve, clima, suelo y subsuelo; los cuales influyen en la calidad y características sensoriales de los alimentos (Bodin, 2003).

En el caso particular del vino se consideran: factores naturales, clima, suelo y variedad de uva; y factores debido a la intervención humana, tales como prácticas culturales y enológicas (Aleixandre, Giner & Aleixandre-Tudó, 2013; Van Leeuwen & Seguin, 2006), este conjunto de factores es denominado como “terroir” vitivinícola. La OIV (2010) define al “terroir” vitivinícola como “un espacio sobre el cual se desarrolla un saber colectivo de las interacciones entre un medio físico y biológico identificable y las prácticas vitivinícolas aplicadas, que confieren unas características distintivas a los productos originarios de este espacio”. Todos estos factores y la interacción entre ellos, se expresa en una matriz compleja de compuestos químicos del vino (ej. Proteínas, aminoácidos, carbohidratos, compuestos fenólicos, compuestos volátiles y compuestos

inorgánicos), los cuales le confieren las características sensoriales distintivas de cada tipo. Además, influye en la aceptación, la identidad y la economía del consumidor (Alañon, Pérez-Coello & Marina, 2015; Bokulich et al., 2016).

2.1.5 Caracterización de volátiles en los alimentos

El aroma en los alimentos es uno de los factores más importantes, pues tiene varias funciones además de transmitir el carácter esencial del alimento, es un indicador de calidad y de aceptación por parte del consumidor (Costello, Wieczorek y Drabinska, 2023). Los compuestos responsables del aroma en los alimentos son los compuestos altamente volátiles a temperatura ambiente, lipofílicos y de bajo peso molecular, estos compuestos son producidos principalmente en las rutas metabólicas de metabolitos no volátiles (Marín-Loaiza y Céspedes, 2007; Parker, 2015). En los alimentos y bebidas se han identificado alrededor de 10,000 compuestos volátiles entre los cuales se encuentran ácidos, alcoholes, aminas, ésteres y cetonas (Costello, Wieczorek y Drabinska, 2023; Starowicz, 2021).

Los compuestos volátiles además de ser los principales responsables del aroma en los alimentos, también son utilizados para evaluar calidad, trazabilidad, seguridad, autenticación de los productos y bioactividad (Lytou, Panagou y Nychas, 2019). Es por ello que su amplio estudio se ha utilizado para identificar aquellos compuestos que están relacionados en la maduración, senescencia y descomposición de alimentos, además de controlar los cambios durante su procesamiento y almacenamiento (Aprea, 2020; Bradford y Desroches, 2009).

La identificación de los compuestos volátiles usualmente se hace desde dos enfoques: el análisis dirigido y el análisis no dirigido, siendo el primero un análisis enfocado a compuestos específicos, mientras que el segundo se refiere a determinar todos los compuestos que sean posibles (Stoj, Czernecki y Domagata, 2023). Uno de los métodos más utilizados en la identificación de los compuestos volátiles es la cromatografía de gases (GC), pues este método es actualmente de los mejores establecidos para la separación de compuestos

volátiles (Crouch et al.,2008), por ser una técnica rápida y con gran sensibilidad (Kaur y Sharma, 2018). La cromatografía de gases fue introducida por primera vez en 1941 por Martin y Synge (Crouch et al.,2008).

La cromatografía de gases es ampliamente utilizada en análisis cuantitativos y cualitativos de la composición de alimentos, así como de productos naturales, aditivos alimentarios y contaminantes (Al-Bukhaiti et al.,2017). Este método consiste en la separación de componentes con alta volatilidad, estabilidad térmica y bajos pesos moleculares, mediante la división de una fase estacionaria y una móvil (Neelofar et al.,2022).

Sin embargo, la cromatografía de gases presenta ventajas y desventajas que, de acuerdo con Priya et al., (2022) pueden ser:

Ventajas

- Es confiable y su análisis es rápido.
- El análisis es eficiente y de alta resolución.
- No es un análisis destructivo.
- Se requieren muestras pequeñas para su análisis.

Desventajas

- Es limitado solo a muestras volátiles.
- No es adecuado a muestras que se degradan con temperaturas altas.
- Se requiere de un detector de masas para la elucidación estructural del análito.

Debido a la complejidad de algunas muestras, es necesario el uso de algunos métodos complementarios en la GC, en los cuales se hace un pretratamiento de la muestra. El método SMPE (Microextracción en fase sólida) se encuentra dentro de los más utilizados para aislar los componentes volátiles de diferentes alimentos (bebidas, lácteos, frutas/verduras, miel, carne, mariscos y vinos),

categorizar alimentos, pruebas de autenticidad, examinar procesos químicos y bioquímicos en las transformaciones de moléculas del aroma, entre otros (Starowicz, 2021), este método se basa en un equilibrio entre la fase de vapor y la matriz del alimento, en donde la fibra puede ser sumergida en la muestra (DI) o puede colocarse en el espacio de cabeza (HS) del vial que contiene la muestra, para posteriormente desorberse en el cromatografo de gases (Starowicz, 2019). Gracias al HS-SPME se logra la determinación de una gran cantidad de compuestos volátiles, además es una técnica con muy alta selectividad, mayor velocidad, es simple, utiliza volúmenes pequeños de muestra, entre otros (Arcari et al., 2017). Dentro de las ventajas y desventajas que menciona Starowicz (2021) sobre este método, son:

Ventajas

- Cubre múltiples pasos en los análisis (muestreo, separación de compuestos, transferencia de analitos).
- Ahorro de tiempo.
- Opciones de automatización.
- No usa solventes.

Desventajas

- Recubrimientos (de la fibra) comerciales limitados.
- Temperaturas relativamente bajas por mala estabilidad en recubrimientos.
- Desestabilidad en el revestimiento.

2.1.6 Análisis sensorial en alimentos

La calidad de los alimentos es sin duda uno de los aspectos de mayor importancia en productos alimenticios, de acuerdo con Verissimo et al. (2020) la calidad se basa en tres aspectos principales: los fisicoquímicos, los sensoriales y los microbiológicos, en donde los sensoriales son los que más perciben los consumidores y afectan su decisión de compra. La evaluación sensorial es

definida como una disciplina utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las características percibidas en los alimentos, mediante los sentidos (Silva-Paz, Pichiuza-Gonzales y Eccoña-Sota, 2021; Yang y Lee, 2019). La evaluación se lleva a cabo mediante diferentes pruebas de acuerdo al tipo de información que se desea obtener (Olivas y Nevárez, 2009).

Las técnicas sensoriales tradicionales, como: evaluaciones discriminatorias, descriptivas, pruebas de preferencias y hédonicas (Ruiz-Capillas y Herrero, 2021), se han utilizado ampliamente en la estimación de vida útil, el desarrollo de productos, el control de calidad, formulaciones, entre otros (Puma y Núñez, 2018; Liu et al., 2018; Sáenz-Navajas et al., 2016), al examinar propiedades como: textura, sabor, apariencia, aroma, etc. (Ruiz-Capillas y Herrero, 2021).

El análisis descriptivo citado por Lawless y Heymann (2010) es uno de los métodos más aplicados en la descripción sensorial en alimentos con el objetivo de obtener la intensidad de las propiedades sensoriales que difieren entre muestras, además de que proporciona información confiable y consistente (Liu et al., 2018; Pearson et al., 2020). Sin embargo, este método requiere de mucho tiempo, es costoso y no es adecuado para todas las investigaciones (Ares y Varela, 2017; Liu et al., 2018), por ello se han introducido nuevos métodos en los cuales los costos disminuyen al no requerir necesariamente de un panel entrenado, son más flexibles, requieren de menor tiempo y son adecuados para evaluar diferencias sensoriales entre los productos (Liu et al., 2015; Puma y Núñez, 2018; Sáenz-Navajas et al., 2016). Las técnicas sensoriales rápidas se han utilizado en la evaluación de diversos productos tales como: tofu (Morales, Eccoña y Silva, 2021), vinos (Verissimo et al., 2020), productos lácteos (Ribeiro et al., 2024), embutidos (Puma-Isuiza y Núñez-Saavedra, 2020), entre otros.

El Perfil de Libre Elección es uno de los métodos que ha sido utilizado en los últimos años, esta técnica permite a los panelistas evaluar productos con su propia terminología (Morales, Eccoña y Silva, 2021; Sáenz-Navajas et al., 2016) y al no requerir de un entrenamiento a panelistas, reduce el tiempo y el costo

(Lawless y Heymann, 2010; Pearson et al.,2020). Otra de las técnicas utilizadas actualmente es el Perfil Flash, esta técnica fue desarrollada por Sieffermann (2000) y la cual además de ser una variante del perfil de libre elección (Delaure y Sieffermann, 2004) esta se combina con la evaluación comparativa (Puma-Isuiza y Núñez-Saavedra, 2020).

El perfil flash comúnmente es realizado en dos sesiones y una intermedia. En la primera sesión, se presentan de manera simultánea todas las muestras a evaluar a cada panelista, a los cuales se les pide que las huelan, prueben y observen (Valentin et al., 2012), con la finalidad de que elaboren una lista con todos aquellos atributos que perciban en las muestras y que además permitan diferenciar las muestras entre si, omitiendo términos hedónicos. La sesión intermedia, se basa en un consenso de todos los atributos generados para generar una lista global que despues se les proporcionará a los panelistas. En la segunda sesión, se les pide a los panelistas que evalúen las muestras de menor a mayor para cada uno de los atributos (Liu et al.,2018; Riveiro et al.,2024).

El perfil flash proporciona un mapa del producto en poco tiempo, esta es la principal ventaja de la técnica, otra ventaja es la diversidad de puntos de vista por parte de los panelistas (Valentin et al.,2012). Algunas desventajas que presenta esta técnica son: la interpretación semántica de las palabras puede ser difícil; además que en productos que son dependientes de la temperatura o con sabores persistentes, la identificación de sus atributos suele ser más difícil y generalmente se requiere de una capacitación (Riveiro et al.,2024).

2.1.7 Valoración económica de los alimentos

La calidad de los productos es compleja, pues es la combinación de diferentes aspectos, como: inocuidad, atributos sensoriales y de funcionalidad, los cuales afectan la aceptabilidad de los productos (Escobedo-Garrido y Jaramillo-Villanueva, 2019). De acuerdo con Ferreira, Lourenço-Gomes y Pinto (2021) existen tres tipos de calidad: la experimentada, la cual depende de las

características sensoriales; la percibida y la esperada, estas dos últimas influenciadas por las características extrínsecas.

Ante el deseo por parte de los consumidores en adquirir productos con atributos que les brinden seguridad, salud, nutrición, sean acordes a cuestiones éticas y culturales, tengan calidad ambiental, bienestar animal, modificaciones genéticas, entre otros, generan que los estudios del comportamiento del consumidor sean complejos, pues muchas veces depende de cómo percibe el consumidor el concepto de calidad (Lacaze, 2011).

Los métodos de Preferencias Declaradas (PD) son muy utilizados para estudiar el comportamiento de los consumidores. Estos métodos preguntan a los consumidores sus preferencias sobre diferentes opciones hipotéticas (por ejemplo, productos o servicios). Los dos métodos principales de PD son la Valoración Contingente (VC) y la Valoración Multi-Atributo (Hossain, Saqib y Haq, 2018).

La valoración multi-atributo se divide en dos categorías. En la primera categoría, los encuestados califican escenarios alternativos en una escala cardinal, los métodos se basan en evaluación de preferencias (*análisis conjoint*; *Rating* contingente y comparaciones pareadas). En la segunda categoría, los métodos de esta categoría se enfocan en la elección, en esta categoría los consumidores eligen entre productos usando una escala ordinal (*Ranking* contingente y Experimentos de Elección Discreta) (Tudela-Mamani y Leos-Rodríguez, 2018).

Los Experimento de Elección Discreta (EED), son un tipo de método de preferencias declaradas, estos son utilizados como herramienta de valoración de no mercado, siendo aplicado en numerosas investigaciones enfocados en salud (Banovic et al., 2019; Clark et al., 2014; García-Peña, De Vries y Buitrago-Gutiérrez, 2022; Guttman, Catle y Fiebig, 2009), medio ambiente (Hoyos, 2010; Melo et al., 2020; Tang y Zhang, 2016), alimentos (Alfnes et al., 2006; Carlucci et al., 2015; Hill et al., 2013) y transporte (Jensen, Cherchi Mabit, 2013; González

et al.,2018), por mencionar algunos. Además, los EED permiten incluir nuevos productos o atributos que no existen en el mercado real, y para los cuales no hay datos disponibles. La Disposición a Pagar (DAP) también puede ser evaluada por los EED, esto para los atributos cuando se incluye un atributo de costo, siendo útil para el análisis de costo-beneficio (Cantillo, Martín y Román, 2020).

Los EED se basan en la combinación de tres teorías: la utilidad aleatoria (RUT), la teoría del consumidor y la teoría del diseño experimental (Alamri, Stelios y Stella, 2022). Esta técnica consiste en presentar a los encuestados un conjunto de opciones hipotéticas referentes al bien o servicio, cada una descrita por un conjunto de características, y pedirles que elijan la que prefieran o por la que estarían dispuestos a pagar más (Alfranca, 2020; Tang y Zhang, 2015; Tudela-Mamani y Leos-Rodríguez, 2018).

2.2 Marco de referencia

2.2.1 Producción del vino

En México, la industria vinícola se concentra en 16 estados (Figura 1): Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Hidalgo, Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí, Sonora, Querétaro, Zacatecas, Aguascalientes y recientemente el estado de Nayarit (Consejo Mexicano Vitivinícola [CMV], 2023).

México produce alrededor de 36 millones litros de vino anualmente, representando solo el 0.2 % de la producción mundial, ubicándolo en el lugar 33 (OIV, 2022). El 70 % de la producción nacional se concentra únicamente en el estado de Baja California (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2021). Según la OIV (2022), México ocupa el lugar 23 entre los países con mayor importación de vino, con un 32.7 % proveniente de países de la Unión Europea (España, Francia e Italia), así como de Chile, Argentina y Estados Unidos. La superficie dedicada a la producción de uva industrial abarca aproximadamente 9 mil hectáreas. Según el SIAP (2022), la producción se concentra principalmente

en diez estados: Zacatecas, Baja California, Aguascalientes, Guanajuato, Coahuila, Querétaro, Sonora, Chihuahua, San Luis Potosí y Puebla. Dentro del estado de Coahuila destacan los municipios de Parras, Arteaga y Cuatro Ciénega, siendo Parras el principal productor de uva industrial en el estado.

Dentro de las uvas tintas más producidas en el país son: Cabernet Sauvignon 22 %, Salvador 16 %, Carignan 15 %, Merlot 8 %, Tempranillo 5 %, Shiraz 5 % y Cabernet Franc 3%. Mientras que las variedades blancas son: Chenin Blanc 19 %, Chardonnay 18 %, Early Divine 17 %, Saint Emilion 17 %, Sauvignon Blanc 12 %, Moscatel 3 % y otras 14 % (SIAP, 2022). Las principales variedades de uva industrial cultivadas dentro del estado de Coahuila, se tienen variedades tintas, Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah; variedades blancas, Chardonnay y Moscatel (SIAP, 2022).



Figura 1. Principales productores de vino en México.
Fuente: Elaboración propia con datos del CMV, 2024.

2.2.2 Región de estudio

El estado de Coahuila, ubicado al norte de México, actualmente cuenta con cuatro zonas vinícolas: Saltillo, Parras, Arteaga y General Cepeda (Mora-Cortés et al., 2017), en las cuales las distintas alturas en las que se encuentra forman escenarios favorables para la plantación de la vid.

Parras de la Fuente

Al sur de Coahuila y a 157 km de la capital del estado, en medio de la zona desértica, rodeado de viñedos, nogales y resguardado por la sierra del Sur, se encuentra Parras. Este poblado ubicado a 1,535 msnm y en las coordenadas 25° 26' 415" de latitud norte y 102° 11' 03" de longitud oeste, colinda al norte con el municipio de Cuatro Ciénegas; al noreste con San Pedro; al sur con el estado de Zacatecas; al este con los municipios de Ramos Arizpe, General Cepeda y Saltillo; y al oeste con el municipio de Viesca (INEGI, 2017). Ocupa el 6.12 % de la superficie del estado con 175 localidades y una extensión de 9,271.7 km², y una población de 44, 472 habitantes (50.7 % hombres y 49.3 % mujeres) (INEGI, 2020).

Valle de Parras

Ubicado en el sureste, el Valle de Parras es resguardado por la gran Sierra Sur, que protege a esta zona de los vientos, aporta humedad y además es la principal fuente de agua, por ello es considerada como “La gran benefactora de la vitivinicultura de Parras” (Mora-Cortés et al.,2017). El Valle de Parras se ubica al sur de la provincia a 8 km al norte de la Ciudad de Parras de la Fuente.

Medio físico: clima y suelo

En Parras se tienen distintos climas: en el sureste, sur y suroeste del municipio es de subtipos semisecos templados; y al noroeste-norte y noreste, de subtipos secos semicálidos; cuenta con una temperatura media anual de 14- 18 °C.

En la zona norte del municipio, se tiene una precipitación media anual de entre los 200-400 mm y de 200 a 500 mm en el centro, con régimen pluvial en los meses de abril a octubre y lluvias escasas de noviembre a febrero. La frecuencia anual de heladas es de 0 a 20 días en la parte centro y en el extremo sur de 20 a 40 días, así como granizadas en la parte norte de 0 a un día y en la parte centro-sur y sureste es de uno a dos días. La agricultura abarca el 5.3 % de uso de

suelo, seguido de la zona urbana que solo cuenta con el 0.2 %. Además, se cuenta con tres tipos de vegetación, destacando el matorral con 88.3 %, bosque con 3.2 % y pastizal con 3 % (García, Jáquez y Del Carmen Mora Cortés, 2017).

2.3 Literatura citada

- Al-Bukhaiti, W. Q., Noman, A., Qasim, A. S., y Al-Farga, A. (2017). Gas chromatography: Principles, advantages and applications in food analysis. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 6(1), 2319-1473.
- Alamri, A. S., Georgiou, S., & Stylianou, S. (2023). Discrete choice experiments: An overview on constructing D-optimal and near-optimal choice sets. *Heliyon*, 9(7), e18256. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18256>
- Alañón, M. E., Pérez-Coello, M. S., & Marina, M. L. (2015). Wine science in the metabolomics era. *Trends in Analytical Chemistry: TRAC*, 74, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.05.006>
- Aleixandre, J. L., Giner, J. F., y Aleixandre-Tudó, J. L. (2013). Evaluación del efecto terroir sobre la Calidad de uva y el vino. *Enoviticultura*, 20.
- Alfnes, F., Guttormsen, A. G., Steine, G., & Kolstad, K. (2006). Consumers' willingness to pay for the color of salmon: A choice experiment with real economic incentives. *American Journal of Agricultural Economics*, 88(4), 1050-1061. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2006.00915.x>
- Alfranca, O. (2020). La Valoración del Agua y la aplicación del método de las Preferencias Declaradas: Valoración Contingente vs. Experimentos de Elección. *Agua y territorio*, 15, 101-114. <https://doi.org/10.17561/at.15.4726>
- Alonso-Villegas, R., De Haro-Porras, D. A., Maya-Meraz, I. O., & Pérez-Leal, R. (2023). Análisis de la producción científica e investigación en Viticultura y Enología de México. *CIENCIA ergo sum*, 31. <https://doi.org/10.30878/ces.v31n0a24>
- Aprea, E. (2020). Special issue "volatile compounds and smell chemicals (odor and aroma) of food". *Molecules* (Basel, Switzerland), 25(17), 3811. <https://doi.org/10.3390/molecules25173811>
- Arcari, S. G., Caliori, V., Sganzerla, M., & Godoy, H. T. (2017). Volatile composition of Merlot red wine and its contribution to the aroma: optimization and validation of analytical method. *Talanta*, 174, 752-766. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.06.074>
- Ares, G., & Varela, P. (2017). Trained vs. consumer panels for analytical testing: Fueling a long lasting debate in the field. *Food Quality and Preference*, 61, 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.10.006>

- Banovic, M., Reinders, M. J., Claret, A., Guerrero, L., & Krystallis, A. (2019). A cross-cultural perspective on impact of health and nutrition claims, country-of-origin and eco-label on consumer choice of new aquaculture products. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 123, 36-47. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.031>
- Barboza, C., Montano, B. E. & Salas, L. H. (2022). Parras, Coahuila pueblo mágico y enoturismo. *Journal of Tourism and Heritage Research*, 5(3), 176-192.
- Bodenstedt, A. (2012). Guía de vinos mexicanos (5ta ed.). Mexican Wine Guide.
- Garritz, A. (2011). Divulgación: La Química del vino. *Educ. quim.*, 22(4), 282-287. ISSN 0187-893-X
- BODIN F. (2003). Contribution à l'étude du terroir viticole en Anjou. Approche utilisant un modèle de terrain et une enquête auprès des vignerons. Thèse. Angers (FRA) : Université d'Angers. UFR Sciences.
- Bokulich, N. A., Collins, T. S., Masarweh, C., Allen, G., Heymann, H., Ebeler, S. E., & Mills, D. A. (2016). Associations among wine grape microbiome, metabolome, and fermentation behavior suggest microbial contribution to regional wine characteristics. *mBio*, 7(3). <https://doi.org/10.1128/mBio.00631-16>
- Bradford, K. D., & Desrochers, D. M. (2009). The use of scents to influence consumers: The sense of using scents to make cents. *Journal of Business Ethics*, 90(S2), 141-153. <https://doi.org/10.1007/s10551-010-0377-5>
- Bulgarelli, D., Schlaeppli, K., Spaepen, S., van Themaat, E. V. L., & Schulze-Lefert, P. (2013). Structure and functions of the bacterial Microbiota of plants. *Annual Review of Plant Biology*, 64(1), 807-838. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120106>
- Caamal-Chan, M. G., Barraza, A., & Loera-Muro, A. (2022). El mundo de las comunidades microbianas de las plantas y la aplicación de las nuevas herramientas de secuenciación de ADN para su estudio. *Recursos Naturales y Sociedad*, 8(1), 71-90. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2022.08.08.01.0005>
- Cantillo, J., Martín, J. C., & Román, C. (2020). Discrete choice experiments in the analysis of consumers' preferences for finfish products: A systematic literature review. *Food Quality and Preference*, 84(103952), 103952. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103952>
- Carlucci, D., Nocella, G., De Devitiis, B., Viscecchia, R., Bimbo, F., & Nardone, G. (2015). Consumer purchasing behaviour towards fish and seafood products. Patterns and insights from a sample of international studies. *Appetite*, 84, 212-227. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.10.008>

- Clark, M. D., Determann, D., Petrou, S., Moro, D., & de Bekker-Grob, E. W. (2014). Discrete choice experiments in health economics: A review of the literature. *PharmacoEconomics*, 32(9), 883-902. <https://doi.org/10.1007/s40273-014-0170-x>
- Consejo Mexicano Vitivinícola (CVM). (2024). Consejo Mexicano Vitivinícola. <https://uvayvino.org.mx/index.php>
- Cortés-López, N. G., Ordóñez-Baquera, P. L., & Domínguez-Viveros, J. (2020). Herramientas moleculares utilizadas para el análisis metagenómico. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(4), 1150-1173. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5202>
- Costello, B. de L., Wiecezorek, M. N., & Drabinska, N. (2023). Editorial: The use of volatile compounds analysis for the assessment of food and beverage quality. *Frontiers in nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1250634>
- Crouch, S., West, D. M., Holler, F., & Skoog, D. A. (2008). *Principios de Analisis Instrumental* (6.^a ed.). Cengage Learning Editores S.A. de C.V.
- De la Cruz-de Aquino, M. A., Martínez-Peniche, R. A., Becerril-Román, A. E., & Chávaro-Ortiz, M. del S. (2012). Caracterización física y química de vinos tintos producidos en Querétaro. *Revista fitotecnica mexicana*, 35(Especial_5), 61. https://doi.org/10.35196/rfm.2012.especial_5.61
- Delarue, J., & Sieffermann, J.-M. (2004). Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. *Food Quality and Preference*, 15(4), 383-392. [https://doi.org/10.1016/s0950-3293\(03\)00085-5](https://doi.org/10.1016/s0950-3293(03)00085-5)
- Escobedo-Garrido, J. S., & Jaramillo-Villanueva, J. L. (2019). Las preferencias de los consumidores por tortillas de maíz. El caso de Puebla, México. *Estudios Sociales Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(53). <https://doi.org/10.24836/es.v29i53.627>
- Ferreira, C., Lourenço-Gomes, L., & Pinto, L. M. C. (2021). Region of origin and consumers' quality perception of wine: an assimilation-contrast approach. *Wine economics and policy*, 10(1), 57-71. <https://doi.org/10.36253/wep-9418>
- Foroni, F., Vignando, M., Aiello, M., Parma, V., Paoletti, M. G., Squartini, A., & Rumiat, R. I. (2017). The smell of terroir! Olfactory discrimination between wines of different grape variety and different terroir. *Food Quality and Preference*, 58, 18-23. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.12.012>
- García-Peña, Á. A., de Vries, E., & Buitrago-Gutiérrez, G. (2022). Experimentos de elección discreta. Diseño, análisis e implementación en salud. *Revista colombiana de cardiología*, 29(6). <https://doi.org/10.24875/rccar.21000050>

- García, C. C. M., Jáquez, J. G. R., & del Carmen Mora Cortés, M. T. (2017). *Uvas, tierra y memoria: Coahuila : raíz de la vitivinicultura en América*. Quintanilla Ediciones.
- González, R. M., Román, C., Amador, F. J., Rizzi, L. I., Ortúzar, J. de D., Espino, R., Martín, J. C., & Cherchi, E. (2018). Estimating the value of risk reductions for car drivers when pedestrians are involved: a case study in Spain. *Transportation*, 45(2), 499-521. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9736-0>
- Grob, R. L., & Barry, E. F. (Eds.). (2008). *Modern Practice of Gas Chromatography* (4.^a ed.). Wiley-Interscience.
- Guttman, R., Castle, R., Fiebig, D. G. (2009). Use of discrete choice experiments in health economics: an update of the literature. *CHERE Working Paper*, UTS, Sydney.
- Handelsman, J., Rondon, M. R., Brady, S. F., Clardy, J., & Goodman, R. M. (1998). Molecular biological access to the chemistry of unknown soil microbes: a new frontier for natural products. *Chemistry & Biology*, 5(10), R245-R249. [https://doi.org/10.1016/s1074-5521\(98\)90108-9](https://doi.org/10.1016/s1074-5521(98)90108-9)
- Hernández-De Lira, I. O., Huber, D., Luévanos-Escareño, M. P., Hernández, F., Sáenz-Mata, J., y Balagurusamy, N. (2014). Metagenómica: concepto y aplicaciones en el mundo microbiano. En Cueto, M. C., De la Fuente, N. M., y Luévanos-Escareño, M. P. (Eds). *Fronteras en microbiología aplicada* (185-207). Universidad Autónoma de Coahuila.
- Hernández, M., Quijada, N. M., Rodríguez-Lázaro, D., & Eiros, J. M. (2020). Aplicación de la secuenciación masiva y la bioinformática al diagnóstico microbiológico clínico. *Revista Argentina de microbiología*, 52(2), 150-161. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.06.003>
- Hill, J. I., Nelson, R. G., Woods, K. L., Weese, J. O., & Whitis, G. N. (2013). Consumer preferences for attributes of catfish nuggets: Price, breeding color, cooking method, and country of origin. *Aquaculture Economics & Management*, 17(2), 123-147. <https://doi.org/10.1080/13657305.2013.772263>
- Hossain, I., Saqib, N. U., & Haq, M. M. (2018). Scale heterogeneity in discrete choice experiment: An application of generalized mixed logit model in air travel choice. *Economics Letters*, 172, 85-88. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.08.037>
- Hoyos, D. (2010). The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments. *Ecological Economics: The Journal of the International Society for Ecological Economics*, 69(8), 1595-1603. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.011>

- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2022). Informe de variedades: Cabernet Sauvignon. Dirección de Estadísticas Públicas y Relaciones Institucionales.
- International Human Genome Sequencing Consortium, Whitehead Institute for Biomedical Research, Center for Genome Research: Lander, E. S., Linton, L. M., Birren, B., Nusbaum, C., Zody, M. C., Baldwin, J., Devon, K., Dewar, K., Doyle, M., FitzHugh, W., Funke, R., Gage, D., Harris, K., Heaford, A., Howland, J., Kann, L., Lehoczy, J., ... Morgan, M. J. (2001). Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature*, 409(6822), 860-921. <https://doi.org/10.1038/35057062>
- International Organisation of Vine and Wine (OIV). (2015). El mercado de los vinos rosado. Obtenido de <https://www.oiv.int/public/medias/2174/focus-2015-les-vins-roses-es.pdf>
- Jackson, R. S. (2020). *Wine science: Principles and applications* (5.^a ed.). Academic Press.
- Jensen, A. F., Cherchi, E., & Mabit, S. L. (2013). On the stability of preferences and attitudes before and after experiencing an electric vehicle. *Transportation Research. Part D, Transport and Environment*, 25, 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.07.006>
- Kaur, G., y Sharma, S. (2018). Gas Chromatography-A Brief Review. *International Journal of Information and Computing Science*, 5(7). 125-131
- Lacaze, M, V. (2011). Medición de preferencias por alimentos con atributos ambientales: Disposición a Pagar por papa fresca integrada. *Asociación Argentina de Economía Política*.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices* (2.^a ed.). Springer.
- Liu, J., Bredie, W. L. P., Sherman, E., Harbertson, J. F., & Heymann, H. (2018). Comparison of rapid descriptive sensory methodologies: Free-Choice Profiling, Flash Profile and modified Flash Profile. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 106, 892-900. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.062>
- Liu, J., Grønbeck, M. S., Di Monaco, R., Giacalone, D., & Bredie, W. L. P. (2016). Performance of Flash Profile and Napping with and without training for describing small sensory differences in a model wine. *Food Quality and Preference*, 48, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.08.008>
- Liu, L., Li, Y., Li, S., Hu, N., He, Y., Pong, R., Lin, D., Lu, L., & Law, M. (2012). Comparison of next-generation sequencing systems. *Journal of Biomedicine & Biotechnology*, 2012, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2012/251364>

- Lytou, A. E., Panagou, E. Z., & Nychas, G.-J. E. (2019). Volatilomics for food quality and authentication. *Current Opinion in Food Science*, 28, 88-95. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.10.003>
- Ma, J., Prince, A., & Aagaard, K. (2014). Use of whole genome shotgun metagenomics: A practical guide for the microbiome-minded physician scientist. *Seminars in Reproductive Medicine*, 32(01), 005-013. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1361817>
- Marín-Loaiza, J. C., & Céspedes, C. L. (2007). Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Revista fitotecnica mexicana*, 30(4), 327. <https://doi.org/10.35196/rfm.2007.4.327>
- Melo Guerrero, E., Rodríguez Laguna, R., Martínez Damián, M. Á., Hernández Ortiz, J., & Razo Zárate, R. (2020). Consideraciones básicas para la aplicación de experimentos de elección discreta: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(59). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.676>
- Morales Bustos, O. D., Eccoña Sota, A., & Silva Paz, R. J. (2021). Sensory perception of a meat analog (tofu) using rapid descriptive methods. *Agroindustrial science*, 11(1), 17-23. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.02>
- Neelofar, H., Haripriya, K., Bandarapalle, K., Reddy, C. S., Reddy, K. J., y Madhavi, K., (2022). Review on Food Analysis by Using Gas Chromatography. *Pharma Springs*, 2(4), 125-135. <https://doi.org/10.26452/ijcpms.v2i4.344>
- OIV. (2010). Resolución OIV/VITI 333/2010. En AG OIV 25/06/2010 Tbilissi (Georgia).
- OIV. (2022). International Organisation of Vine and Wine. <https://www.oiv.int>
- OIV. (2023). International code of oenological practices.
- Olivas, R., y Nevárez, G. (2009) Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *El científico frente a la sociedad, Tecnociencias Chihuahua*, 3(1):1-7.
- Orfao, A., Benítez, J., Corrales, F., Martín-Subero, I., y Ordovás, J. M.. (2019). Informes Anticipado “Ciencias ómicas”. Fundación Instituto Roche
- Palmero, J. R. (2014). El vino y la cultura. *Anales de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid*, 51, 201-240.
- Parker, J. K. (2015). Introduction to aroma compounds in foods. En *Flavour Development, Analysis and Perception in Food and Beverages* (pp. 3-30). Elsevier.
- Pearson, W., Schmidtke, L., Francis, I. L., & Blackman, J. W. (2020). An investigation of the Pivot© Profile sensory analysis method using wine experts: Comparison with descriptive analysis and results from two expert

- panels. *Food Quality and Preference*, 83(103858), 103858.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103858>
- Polo, L. M. (2015). *Fundamentos de cromatografía*. Dextra
- Popîrdă, A., Luchian, C. E., Cotea, V. V., Colibaba, L. C., Scutarașu, E. C., & Toader, A. M. (2021). A review of representative methods used in wine authentication. *Agriculture*, 11(3), 225.
<https://doi.org/10.3390/agriculture11030225>
- Priori, S., Pellegrini, S., Perria, R., Puccioni, S., Storchi, P., Valboa, G., & Costantini, E. A. C. (2019). Scale effect of terroir under three contrasting vintages in the Chianti Classico area (Tuscany, Italy). *Geoderma*, 334, 99-112. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.048>
- Priya, P., Yele, T., Jyotijawale, y Sneha, P. (2022). Gas Chromatography: A review. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 4, 1549-1557, 2582-5208.
- Puigi, E. (2015). *La cultura del vino*. Oberta UOC Publishing.
- Puma Isuiza, G. G., & Núñez Saavedra, C. (2018). Caracterización sensorial mediante perfil Flash de dos marcas de hot-dog de pollo comerciales y dos muestras formulados por ingeniería Kansei Tipo II. *Anales científicos*, 79(1), 194. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1163>
- Quince, C., Walker, A. W., Simpson, J. T., Loman, N. J., & Segata, N. (2017). Shotgun metagenomics, from sampling to analysis. *Nature Biotechnology*, 35(9), 833-844. <https://doi.org/10.1038/nbt.3935>
- Ramírez-Navas, J. S., Jaramillo-López, F., & López-Parra, L. L. (2023). Las disciplinas ómicas en la ciencia de los alimentos. *Revista colombiana de investigaciones agroindustriales*, 10(2).
<https://doi.org/10.23850/24220582.5694>
- Ranaweera, R. K. R., Capone, D. L., Bastian, S. E. P., Cozzolino, D., & Jeffery, D. W. (2021a). A review of wine authentication using spectroscopic approaches in combination with chemometrics. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(14), 4334. <https://doi.org/10.3390/molecules26144334>
- Ranaweera, R. K. R., Gilmore, A. M., Capone, D. L., Bastian, S. E. P., & Jeffery, D. W. (2021b). Authentication of the geographical origin of Australian Cabernet Sauvignon wines using spectrofluorometric and multi-element analyses with multivariate statistical modelling. *Food Chemistry*, 335(127592), 127592.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127592>
- Ray, J. (2007). *White wine*. (E. Jiménez-Juliá, Trad.). Folio. (Obra original publicada en 2001).
- Ribeiro, A. C. P., Magnani, M., Baú, T. R., Esmerino, E. A., Cruz, A. G., & Pimentel, T. C. (2024). Update on emerging sensory methodologies

- applied to investigating dairy products. *Current Opinion in Food Science*, 56(101135), 101135. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2024.101135>
- Ruiz-Capillas, C., & Herrero, A. M. (2021). Sensory analysis and consumer research in new product development. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(3), 582. <https://doi.org/10.3390/foods10030582>
- Sáenz-Navajas, M.-P., Alegre, Y., de-la-Fuente, A., Ferreira, V., García, D., Eizaguirre, S., Razquin, I., & Hernández-Orte, P. (2016). Rapid sensory-directed methodology for the selection of high-quality aroma wines: Sensory-directed screening for selecting wine yeasts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(12), 4250-4262. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7636>
- SEGUIN G. (1986). 'Terroirs' and pedology of wine growing. *Experientia*, 42(8), 861–873.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2021). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Producción de uva en México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/771603/Produccion_Uva_en_Mexico.pdf
- Sharpton, T. J. (2014). An introduction to the analysis of shotgun metagenomic data. *Frontiers in plant science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00209>
- Silva Paz, R. J., Pichiuza Gonzales, G. N., & Eccoña Sota, A. (2021). Comparación de métodos sensoriales descriptivos: perfil flash y preguntas CATA para caracterizar infusiones de muña (*Minthostachys mollis*). *Enfoque UTE*, 12(3), 11-23. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.730>
- Starowicz, M. (2021). Analysis of volatiles in food products. *Separations*, 8(9), 157. <https://doi.org/10.3390/separations8090157>
- Starowicz, M. (2019). Food and Nutritional Analysis| Sample Preparation. En *Encyclopedia of Analytical Science*, (3rd ed). Worsfold, P., Poole, C., Townshend, A., Miró, M., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 3, 465–470.
- Stój, A., Czernecki, T., & Domagała, D. (2023). Authentication of polish red wines produced from Zweigelt and Rondo grape varieties based on volatile compounds analysis in combination with machine learning algorithms: Hotrienol as a marker of the Zweigelt variety. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(4), 1961. <https://doi.org/10.3390/molecules28041961>
- Stój, A., Czernecki, T., Sosnowska, B., Niemczynowicz, A., & Matwijczuk, A. (2022). Impact of grape variety, yeast and malolactic fermentation on volatile compounds and Fourier transform infrared spectra in red

- wines. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 38-55.
<https://doi.org/10.31883/pjfn/145665>
- Tang, C., & Zhang, Y. (2016). Using discrete choice experiments to value preferences for air quality improvement: the case of curbing haze in urban China. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(8), 1473-1494. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1079518>
- Tudela-Mamani, J. W., Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Económica. Av. El Ejército 329. A. P. 291. Puno, República del Perú, Leos-Rodríguez, J. A., & Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). (2018). Estimation of economic benefits due to improvements in basic sanitation services through choice experiments. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 24(2), 237-250. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.05.037>
- Puma-Isuiza, G. G., Núñez-Saavedra, C., & Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. (2020). Comparación del Perfil Flash y Napping®-UPF en la caracterización sensorial de hot-dog. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(2), 135-145. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.601>
- Valentin, D., Chollet, S., Lelièvre, M., & Abdi, H. (2012). Quick and dirty but still pretty good: a review of new descriptive methods in food science. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(8), 1563-1578. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03022.x>
- Van Leeuwen, C., & Seguin, G. (2006). The concept of terroir in viticulture. *Journal of wine research*, 17(1), 1-10. <https://doi.org/10.1080/09571260600633135>
- Veríssimo, C. M., de Macêdo Moraes, S., de Andrade Lima, L. L., Pereira, G. E., & Maciel, M. I. S. (2021). A short training as an enhancer of sensory ability: The case of red wine consumers. *Journal of Sensory Studies*, 36(2). <https://doi.org/10.1111/joss.12629>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016). *Understanding Wine Chemistry*. UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Wine Mots. (2017). Los vinos de México. *Winemots*. <https://winemots.wixsite.com/winemots/single-post/2017/09/12/los-vinos-de-mexico>
- Yang, J., & Lee, J. (2019). Application of sensory descriptive analysis and consumer studies to investigate traditional and authentic foods: A review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 8(2), 54. <https://doi.org/10.3390/foods8020054>
- Yue, T.-X., Chi, M., Song, C.-Z., Liu, M.-Y., Meng, J.-F., Zhang, Z.-W., & Li, M.-H. (2015). Aroma characterization of Cabernet Sauvignon wine from the

plateau of Yunnan (China) with different altitudes using SPME-GC/MS. *International Journal of Food Properties*, 18(7), 1584-1596. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.923442>

Zhang, L., Liu, Q., Li, Y., Liu, S., Tu, Q., & Yuan, C. (2023). Characterization of wine volatile compounds from different regions and varieties by HS-SPME/GC-MS coupled with chemometrics. *Current Research in Food Science*, 6(100418), 100418. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.100418>

3 CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y PERFIL SENSORIAL DEL VINO

RESUMEN

El proceso de producción del vino es fundamental para lograr un producto de alta calidad, dado que en sus diversas etapas se generan compuestos esenciales que determinan los atributos característicos de cada vino. Estos procesos y condiciones pueden variar significativamente según la región y, en particular, el enólogo responsable, lo que influye en el perfil sensorial y la identidad final del vino. Por ello, este estudio tuvo como objetivo caracterizar el proceso de producción en cuatro vitivinícolas ubicadas en Valle de Parras, Coahuila, a través de entrevistas realizadas a los enólogos de estas bodegas. Además, se llevó a cabo un análisis del perfil sensorial del vino tinto Cabernet Sauvignon utilizando la técnica de perfil flash. Los resultados indicaron que, aunque los procesos de producción son en su mayoría similares entre las vitivinícolas, existen ciertas etapas que se llevan a cabo de manera exclusiva en algunas de ellas. Esto incluye el uso de diferentes materiales, especialmente en la etapa de crianza, donde se observaron variaciones en el empleo de depósitos de barro y barricas de roble. El análisis sensorial permitió identificar seis descriptores clave que lograron diferenciar las cuatro muestras de vino entre sí, evidenciando las particularidades de cada una.

Palabras clave: Vino, proceso de producción, perfil flash, análisis sensorial.

CHARACTERIZATION OF WINE PRODUCTION AND SENSORY PROFILE

ABSTRACT

The wine production process is essential for achieving a high-quality product, as essential compounds that determine the characteristic attributes of each wine are generated at various stages. These processes and conditions can vary significantly depending on the region, and particularly the winemaker in charge, which influences the sensory profile and final identity of the wine. Therefore, this study aimed to characterize the production process in four wineries located in Valle de Parras, Coahuila, through interviews conducted with the winemakers of these wineries. Additionally, a sensory profile analysis of Cabernet Sauvignon red wine was performed using the flash profiling technique. The results indicated that, although production processes are mostly similar among the wineries, there are certain stages that are carried out exclusively in some of them. This includes the use of different materials, especially during the aging stage, where variations in the use of clay vessels and oak barrels were observed. The sensory analysis allowed for the identification of six key descriptors that differentiated the four wine samples from each other, highlighting the particularities of each one.

Key words: Wine, production process, flash profile, sensory analysis.

3.1 Introducción

El vino se obtiene a partir de la fermentación alcohólica, ya sea completa o parcial, del mosto de uvas (*Vitis vinifera*) (OIV, 2024). Esta bebida se caracteriza por la gran cantidad de componentes volátiles y no volátiles, los cuales son responsables de sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales. Dichas propiedades dependen de factores como la variedad de la uva, la levadura y el “terroir” vitivinícola, que abarca aspectos específicos del suelo, la topografía, el clima, el paisaje, la biodiversidad, así como las prácticas vitivinícolas (OIV, 2010; Sáenz et al., 2015).

En México, la producción de vino se inició en el siglo XVI en la Hacienda de San Lorenzo, hoy conocida como Casa Madero, ubicada en Parras, Coahuila. Las condiciones orográficas y climáticas de esta región la convirtieron en un lugar idóneo para el cultivo de la vid (*Vitis vinifera*). Actualmente, México cuenta con 16 estados vitivinícolas: Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Hidalgo, Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí, Sonora, Querétaro, Zacatecas, Aguascalientes y Nayarit, donde se producen vinos de calidad con una amplia variedad de sabores y aromas, gracias a que el país cuenta con una gran diversidad orográfica, topográfica, de microclimas y suelos (CMV, 2023; García, Jáquez y Del Carmen Mora Cortés, 2017; Vázquez-Elorza et al., 2022).

La producción de vino comprende una serie de procesos, tales como: recolección de la uva, despalillado, estrujado, maceración, prensado, fermentación, clarificación, maduración, filtración y embotellado (González-Neves et al., 2003; Latessa, Hanley y Tao, 2023). Algunas de estas etapas desempeñan un papel fundamental, ya que durante ellas se generan la mayoría de los compuestos responsables de los aromas y sabores del vino (Scollary, 2016).

Un ejemplo claro es el estrujado, proceso en el que se busca romper el fruto y extraer la mayor cantidad de jugo posible, evitando dañar las semillas, ya que estas pueden aportar sabores amargos al vino (OIV, 2024).

Esta etapa es clave, ya que durante la maceración contribuye a una mayor extracción de color y compuestos fenólicos (Ferreira-Lima et al., 2016; Scollary, 2016).

Otra etapa es la maceración, que consiste en dejar en contacto el orujo y el mosto durante un tiempo prolongado (OIV, 2024). Esta etapa tiene como objetivo principal extraer las sustancias contenidas en el orujo, principalmente compuestos fenólicos como las antocianinas y flavonoles (Aleixandre-Tudo y du-Toit, 2018; Muñoz-Bernal et al., 2020; OIV, 2024). La fermentación alcohólica es una etapa crucial que involucra diversos procesos bioquímicos (Maicas, 2021), en los cuales las levaduras, principalmente del género *Saccharomyces*, transforman los azúcares en alcohol y dióxido de carbono (González-Neves et al., 2003; Harrison, 2017). Además, también intervienen levaduras no-*Saccharomyces*, como: *Brettanomyces*, *Candida*, *Hanseniaspora*, *Pichia*, entre otras, que contribuyen a mejorar la calidad del vino al regular la acidez, intensificar los aromas y reducir la concentración de compuestos no deseados (James et al., 2023; Maicas, 2021).

Asimismo, la fermentación maloláctica es otro proceso bioquímico relevante, en el que las bacterias ácido-lácticas (BAL) de los géneros *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* y *Oenococcus* convierten el ácido málico en ácido láctico (Filimon et al., 2022; Liu et al., 2014). Este proceso contribuye principalmente a la desacidificación del vino, además de influir de manera significativa en su sabor (Plavša et al., 2021).

La maduración del vino consiste en el almacenamiento del vino en recipientes después de la fermentación maloláctica (White y Catarino, 2023). El objetivo principal de esta etapa es mejorar las características sensoriales del vino, al producir aromas más complejos y sabores más finos (Flor et al., 2017). Esta etapa puede llevarse a cabo en recipientes de acero inoxidable, arcilla o barricas de roble. Este último, al entrar en contacto con el mosto fermentado, puede conferir aromas tostados, a vainilla o amaderados (Scollary, 2016; Vivanco-Arana, Vivanco-Vargas y Morgan-Beltrán, 2022).

A partir de la información anterior, en este estudio se plantea como objetivo caracterizar el proceso de producción en cuatro vitivinícolas de Parras, Coahuila, con el propósito de identificar las etapas que conforman dicho proceso y analizar las diferencias entre cada una de ellas. Además, se llevó a cabo un análisis descriptivo de los cuatro vinos tintos variedad Cabernet Sauvignon, empleando la técnica de perfil flash.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Área y objeto de estudio

Se seleccionó Parras, Coahuila (latitud norte 25°26'13" y latitud oeste 102°11'01"), como la región de estudio para recopilar información sobre el proceso de producción de cuatro bodegas vinícolas. Estas bodegas (Cuadro 1) fueron elegidas en función de su relevancia en la región, así como por el proceso de elaboración y la variedad de vino que producen. La ubicación geográfica es presentada en el Cuadro 1 y Figura 2.

El objeto de estudio fue vino tinto. Se emplearon cuatro vinos de variedad Cabernet Sauvignon producidos en el estado de Coahuila, tres de ellos de añada 2021, y uno de añada 2020.

Cuadro 1. Ubicación geográfica de vitivinícolas estudiadas.

Vinícola	Ubicación	Latitud (Norte)	Longitud (Este)	Altitud (msnm)
Casa Madero	Valle de Parras	25° 30' 05"	102° 11' 32"	1391
Hacienda Florida	General Cepeda	25° 29' 07"	101° 29' 35"	1296
Rivero González	Valle de Parras	25° 26' 08"	102° 09' 14"	1524
Universidad Tecnológica de Parras (UTP)	Valle de Parras	25° 27' 11"	102° 10' 45"	1492

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Ubicación geográfica de vitivinícolas estudiadas.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Caracterización del proceso de producción

Se realizó una entrevista estructurada individual a los empleados encargados del área de producción de cada vitivinícola. En dicha entrevista se preguntó sobre el proceso de producción y condiciones utilizadas en cada una de las etapas.

3.2.3 Análisis sensorial de vino

Para esta técnica, se contó con un panel inicial de 19 estudiantes del Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria de la Universidad Autónoma Chapingo, con edades entre 23 y 35 años, todos ellos consumidores de vino. El análisis sensorial se llevó a cabo mediante la técnica Perfil Flash descrita por Delarue y Sieffermann (2003). En la primera etapa se le presentó a los panelistas las cuatro muestras de vino Cabernet Sauvignon y generaron una lista con aquellos atributos que permitieran diferenciar a las muestras. En la segunda etapa se llevó a cabo un consenso entre los participantes para obtener una única lista de atributos presentes en los vinos evaluados. La tercera etapa consistió en evaluar los atributos de los vinos por triplicado, realizando una evaluación por día para reducir la fatiga de los panelistas. Cada panelista evaluó los atributos de cada muestra en una escala ordinal del uno al cuatro (uno = menos intenso y cuatro =

más intenso). De esta manera, se seleccionó a los panelistas que discriminaran la mayor cantidad de atributos. En la última etapa, se realizó una evaluación final con los panelistas seleccionados en la etapa anterior. Cada una de las etapas fueron realizadas dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo, considerando un tiempo de 40 min a 1 h por sesión.

3.2.4 Análisis estadístico

Para evaluar la capacidad discriminativa de los panelistas en cada uno de los atributos, se analizaron los datos generados por cada panelista de forma individual, utilizando un análisis de varianza con un diseño completamente al azar. El análisis se realizó mediante el software estadístico Minitab® 19 (Pennsylvania, EE. UU.). Los datos significativos de los panelistas y los atributos se sometieron a Análisis Procustes Generalizado (APG) (Varela y Ares, 2014), empleando el programa XLSTAT versión 2019 (Addinsoft, U. S. A). En este análisis se obtuvieron mapas del perfil flash e índice de consenso

3.3 Resultados y discusión

3.3.1 Caracterización del proceso de producción de vino tinto

El proceso de producción de vino tinto consta de 12 etapas principales (Figura 3), aunque algunas vitivinícolas incluyen etapas complementarias específicas a sus procedimientos. El proceso comienza con la recepción de la uva, que es entregada en cajas de plástico. A continuación, se realiza el descarte, una etapa exclusiva de la vitivinícola UTP, ya que las tres vitivinícolas restantes realizaban esta selección durante la cosecha. El descarte consiste en separar las bayas afectadas por plagas o dañadas por aves.

Posteriormente, se realiza el despallado, una etapa común en las cuatro vitivinícolas, que se lleva a cabo de manera mecánica mediante una despalladora. En la vitivinícola Rivero González se lleva a cabo una operación adicional de cribado, destinada a separar las uvas de menor tamaño. La siguiente etapa es el estrujado, que implica romper las bayas sin dañar las semillas, ya que

estas podrían liberar compuestos de sabor no deseado (Vivanco-Arana, Vivanco-Vargas y Morgan-Beltrán, 2022). Esta etapa se realiza de forma mecánica en Rivero González, Casa Madero y Hacienda Florida, donde se utiliza una presión de 1,200 a 1,400 Mbar. Los niveles de presión son adaptados a cada caso, dependiendo del estado de madurez de la uva, la variedad y la cantidad, tal como lo mencionan Vivanco-Arana, Vivanco-Vargas y Morgan-Beltrán (2022) y Zemanek et al. (2019).

Mientras que en UTP se lleva a cabo de forma manual, haciendo uso de una pala de madera, la cual es un extremo cuenta con una base para estrujar las uvas. Esta diferencia en el uso de equipo tecnificado y mecánico se deben principalmente a la cantidad de uva procesada, pues en UTP se procesan aproximadamente 300 Kg, y en las tres vinícolas restantes se procesan más de una tonelada por día.

La etapa de maceración se realiza en frío, manteniendo una temperatura controlada entre 10 y 15 °C, con el propósito de limitar el inicio de la fermentación. Este proceso tiene una duración de 1 a 3 días. Estos parámetros son similares a los reportados por González-Neves et al. (2014), quienes indicaron que el uso de la maceración en frío contribuye al aumento del contenido de taninos, en particular de catequinas, en vinos de la variedad Tannat. Sin embargo, también mencionan que los resultados dependerán de diversos factores, como la variedad de uva, el estado de madurez, la temperatura y el tiempo de contacto.

Aleixandre-Tudo y Du-Toit (2018) mencionan que, cuanto mayor sea el tiempo de contacto del orujo y el mosto, y menor la temperatura, mejor será la extracción fenólica. En cambio, si se utilizan tiempos cortos y temperaturas más altas, algunas características sensoriales del vino, como la intensidad y la persistencia del sabor, tienden a disminuir, especialmente después de cuatro meses de crianza en el vino Cabernet Sauvignon. Asimismo, Panprivech et al. (2015) reportaron que al incrementar el tiempo (cuatro a 10 días) de maceración en frío en Cabernet Sauvignon incrementó la extracción de ácido gálico, catequina y

taninos; por esta razón, se recomienda, para asegurar una óptima extracción de compuestos fenólicos, un periodo de maceración de 10 días y una temperatura controlada entre 4 y 8 °C.

Durante la maceración y fermentación, se realizan remontados o bazuqueos de tres a seis veces al día, con el objetivo principal de favorecer la extracción de color y sabor, homogeneizar la concentración de azúcar y levaduras, y reducir la temperatura de la parte superior del tanque (Guerrini et al., 2017). El remontado consiste en bombear el mosto desde el fondo del tanque hacia la parte superior, permitiendo que se mezcle mejor con el orujo (Pettinelli et al., 2022). Por otro lado, el bazuqueo implica sumergir manualmente la capa de orujo formada en la superficie, con el fin de reintegrarla al mosto, utilizando una pala de acero inoxidable (Lerno et al., 2018).

En el caso particular de la vitivinícola UTP, se opta por el bazuqueo, mientras que en otras vitivinícolas, debido al mayor volumen de mosto, se emplea el remontado. Según Sacchi et al. (2005), el contenido total de fenoles varía de acuerdo con el método utilizado (remontado o bazuqueo), ya que reportaron que el contenido de estos compuestos es mayor cuando se emplea el bazuqueo. El remontado, al ser un método menos agresivo, es menos eficaz para extraer compuestos fenólicos (de-Beer et al., 2006). Por lo tanto, la elección entre remontado o bazuqueo, así como el tiempo y la temperatura de maceración, son factores críticos que deben controlarse cuidadosamente para asegurar la calidad del vino (Setford, 2017).

La siguiente etapa del proceso es la fermentación alcohólica, etapa en la cual las cuatro vitivinícolas inoculan la levadura, principalmente *Saccharomyces cereviceae*. En el caso de UTP y Rivero González adicionalmente utilizan *Saccharomyces bayanus*, la cual reduce la producción de ácido acético, además de promover la producción de aromas afrutados (Muñoz-Bernal et al., 2016) y el color en vino Cabernet Sauvignon (Sacchi, 2005). Al inicio de esta etapa, el mosto debe tener un pH de 3.5 a 3.6 y de 24 a 26 °Brix. Esta etapa tiene una duración de 10 a 15 días, manteniendo una temperatura controlada entre 25 y 28 °C,

El método para obtener los niveles deseados de pH y °Brix varía en cada vitivinícola. En particular, Hacienda Florida y la UTP no realizan correcciones durante el proceso, pero monitorean la vid en el campo y ajustan ambos parámetros (pH y °Brix) mediante la regulación del riego. Yang et al. (2020) sostienen que, al regular el riego en la vid, se incrementa el contenido de sólidos solubles y el pH. En el caso de Casa Madero y Rivero González se hacen correcciones en el proceso, mediante la adición de agua en el caso que los grados Brix sean altos y se utiliza ácido tartárico para corregir acidez.

Una vez concluida la fermentación alcohólica, se procede al prensado, cuyo objetivo es separar el orujo del mosto. Esta etapa permite extraer el máximo de líquido del orujo. El mosto prensado es entonces preparado para la siguiente etapa: la fermentación maloláctica.

La fermentación maloláctica en las cuatro vitinícolas suele ocurrir inmediatamente después de la fermentación alcohólica y tiene una duración de 3 a 4 semanas, donde el contenido de etanol y el pH son los principales factores influyentes (Plavša et al., 2021). Este proceso es particularmente importante en la elaboración de vinos tintos, ya que no solo reduce la acidez, sino que también se desarrollan compuestos como ésteres etílicos y de acetato, responsables de aromas frutales (OIV, 2023; Plavša et al., 2021; Seller, 2016).

Una vez terminada la fermentación maloláctica, el vino es clarificado, eliminando las impurezas mediante el uso de sustancias clarificantes cuyo objetivo es hacer que las partículas sedimenten para su extracción. Principalmente se utilizan alginatos, ya que mejoran la claridad y la calidad sensorial, además de reducir el tiempo de sedimentación (Wu et al., 2022).

Después de la clarificación, el vino es trasladado a la zona de crianza, donde las cuatro vitivinícolas utilizan barricas de roble. En ellas, el vino permanece de uno a dos años. El uso de barricas de roble en la etapa de maduración o crianza ayuda a potenciar las características sensoriales del vino (Flor et al., 2017), ya que constantemente está expuesto a pequeñas cantidades de oxígeno a través

de los poros de la madera, lo que permite procesos de oxidación relacionados con el color y aroma (Del Alamo-Sanza, Cárcel y Nevares, 2017; Scollary, 2016), tal como la oxidación del etanol a acetaldehído y la polimerización de taninos y antocianinas (Del Alamo-Sanza y Nevares, 2014).

Una vez transcurrido el tiempo de crianza, en las cuatro vitinícolas los vinos son sometidos a una filtración con la finalidad de retirar los sedimentos que pudieran haber quedado del clarificado, y finalmente se pasa al embotellado. Estas dos operaciones se realizan de forma mecánica en las cuatro vitivinícolas.

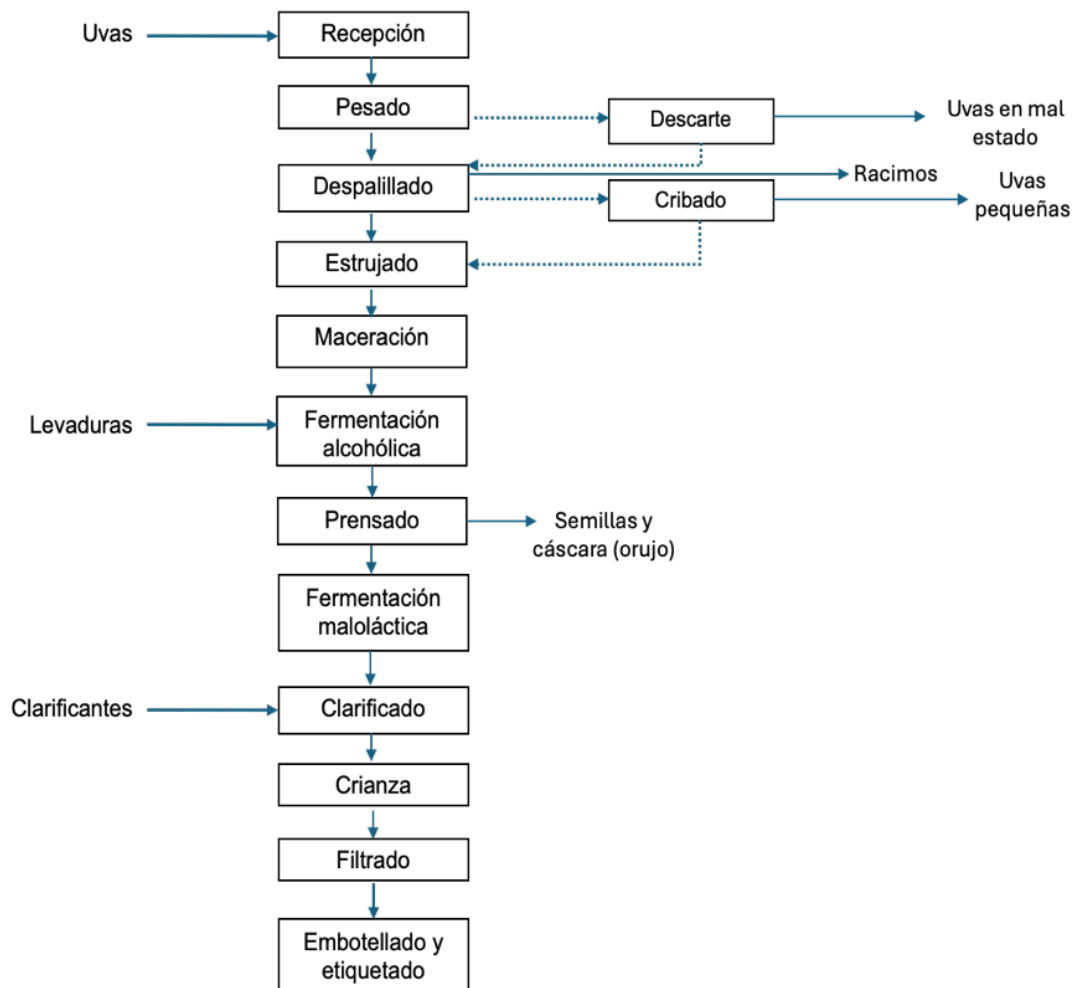


Figura 3. Proceso de producción de vino tinto en Valle de Parras, Coahuila.

3.3.2 Perfil flash de vinos tintos Cabernet Sauvignon

El Cuadro 2 muestra a los panelistas y los atributos generados para los vinos, resaltando los siete panelistas que discriminaron cuatro o más atributos y que fueron seleccionados para la evaluación final. Se observa que los panelistas uno, tres, cinco, seis, siete y ocho discriminaron un total de cuatro atributos con un valor de alpha menor al 0.05, mientras que el panelista nueve, discriminó un total de cinco atributos.

Cuadro 2. Discriminación de atributos por panelistas.

Panelista	A. Amaderado	A. Dulce	S. Amaderado	S. Frutos rojos	S. Alcohol	S. Dulce
1	0.011*	0*	0.033	0.499	0*	0.26
2	0.15	0.9	0.802	0.41	0.596	0.15
3	0*	0.9	0.2	0.033*	0.033	0.002*
4	0.802	0.802	0.596	0.596	0.802	0.802
5	0.033*	0.596	0.499	0.033*	0.005*	0.033*
6	0.033*	0.9	0.002*	0.005*	0.002*	0.15
7	0.005*	0.002*	0.005*	0.499	0.011*	0.003*
8	0.802	0.002*	0.499	0.005*	0.039*	0.003*
9	0.011*	0.011*	0.032*	0.0033*	0.499	0.011*
10	0.499	0.26	0.2	0.46	0.26	0.802
11	0.802	0.2	0.15	0.077	0.26	0.033*
12	0.499	0.005*	0.077	0.802	0.15	0.15
13	0.802	0.499	0.802	0.499	0.052	0.011
14	0.26	0.26	0.802	0.596	0.26	0.2
15	0.596	0.9	0.41	0.802	0.26	0.033*
16	0.802	0.9	0.802	0.15	0.802	0.499
17	0.655	0.02*	0.033*	0.15	0.802	0.15
18	0.077*	0.15	0.41	0.41	0.596	0.499
19	0.011*	0.802	0.41	0.41	0.26	0.41

*Son estadísticamente significativos ($\alpha=0.05$).

En la Figura 4 se muestran los factores de escalamiento, en donde se aprecia que los siete panelistas obtuvieron un escalamiento igual a uno, lo que indica que los panelistas utilizaron el mismo intervalo de notación igual.

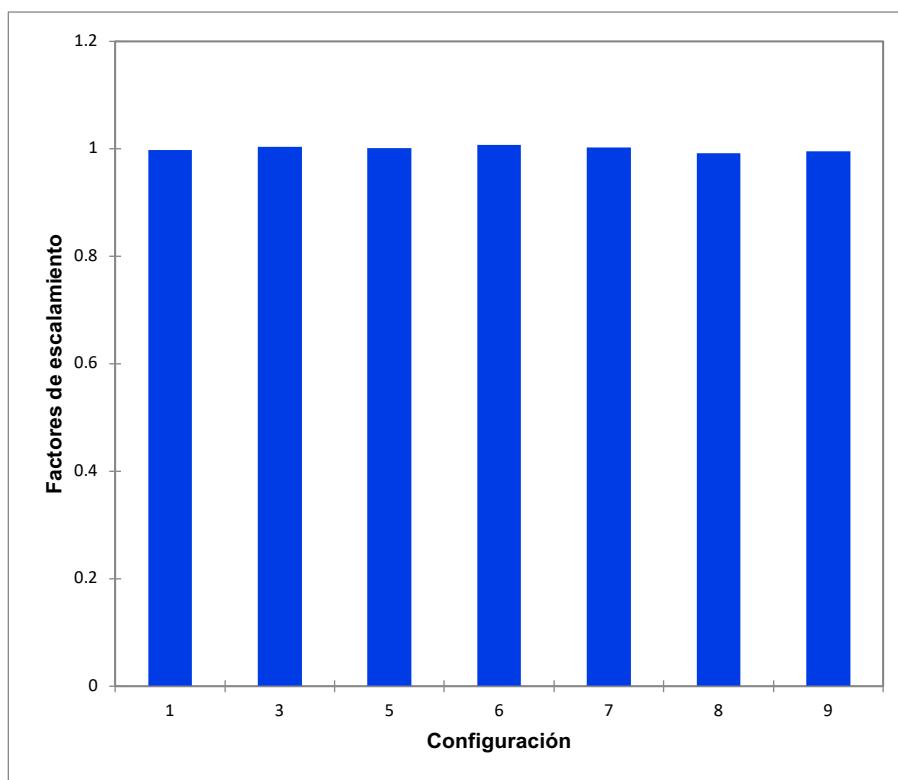


Figura 4. Factores de escalamiento del Análisis Procustes Generalizado de cada panelista.

La Figura 5 muestra el índice de consenso (R_c), el cual presentó un valor de 0.928 (92.8 %), este valor indica una correlación positiva, es decir, que los panelistas tuvieron un buen desempeño en el consenso. Este valor es superior a lo reportado por Tomic (2013) y Alegre et al. (2015), quienes reportaron un R_c de 0.304 y 0.60 respectivamente, en vino blanco. Las diferencias pueden atribuirse principalmente al grado de familiaridad de los panelistas con el producto y al tipo de vino evaluado (Puma-Isuiza y Núñez-Saavedra, 2020).

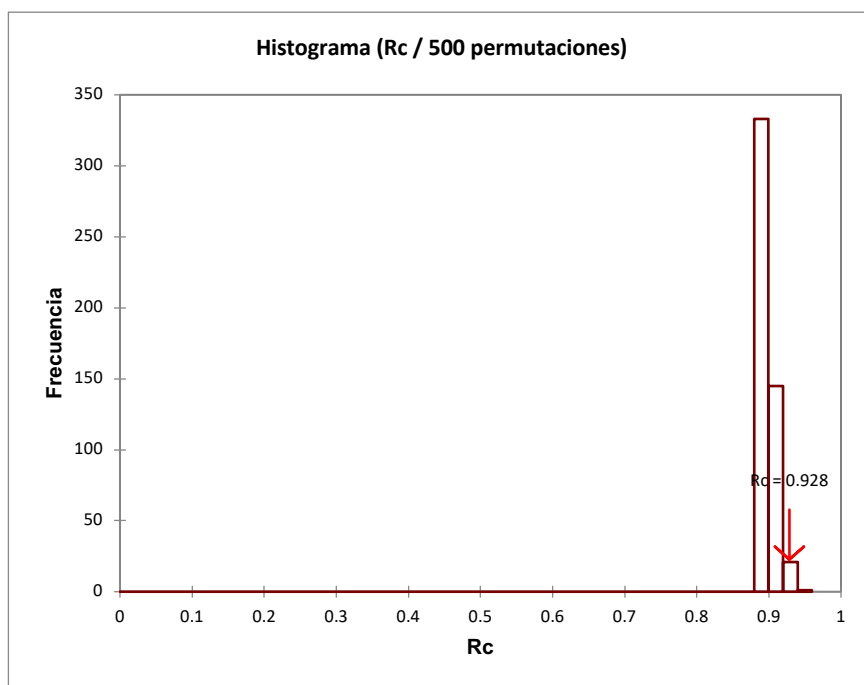


Figura 5. Índice de consenso (R_c) del panel.

En el perfil flash se identificaron seis atributos sensoriales (sabor a alcohol, sabor dulce, sabor a frutos rojos, sabor amaderado, aroma dulce y aroma amaderado) que permiten diferenciar los vinos entre sí. De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el APG (Figura 6), factores del mapa del perfil descriptivo explicaron el 85.30 % de la variabilidad, este porcentaje es superior a lo reportado por Denat et al. (2021) en perfil flash de vino Tempranillo (72.72 %); y lo reportado por Liu et al. (2018) en vino tinto de variedad Merlot (45 %).

En la Figura 6 se aprecia una clara diferenciación entre los cuatro vinos, de acuerdo con los atributos consensuados en el análisis sensorial. El vino de Casa Madero se distinguió por su perfil sensorial dominado por un sabor dulce y frutos rojos. Por otro lado, el vino de la vinícola Rivero González se caracterizó por su aroma dulce y amaderado, mientras que el vino de Hacienda Florida presentó únicamente un sabor amaderado. Finalmente, en el vino de la UTP el sabor a alcohol predominó sobre los demás sabores.

Estos resultados son consistentes con el estudio realizado por Li et al. (2024) y Tong et al. (2024), quienes identificaron que los vinos elaborados con uvas de la variedad Cabernet Sauvignon se asocian comúnmente con sabor a frutos rojos, dulce y aromas dulces. Asimismo, hallazgos reportados en esta investigación coinciden con los obtenidos por Tong et al. (2024) y Ntuli et al. (2022), quienes también encontraron en vinos tintos Cabernet Sauvignon la presencia de notas frutales, especialmente de frutos rojos.

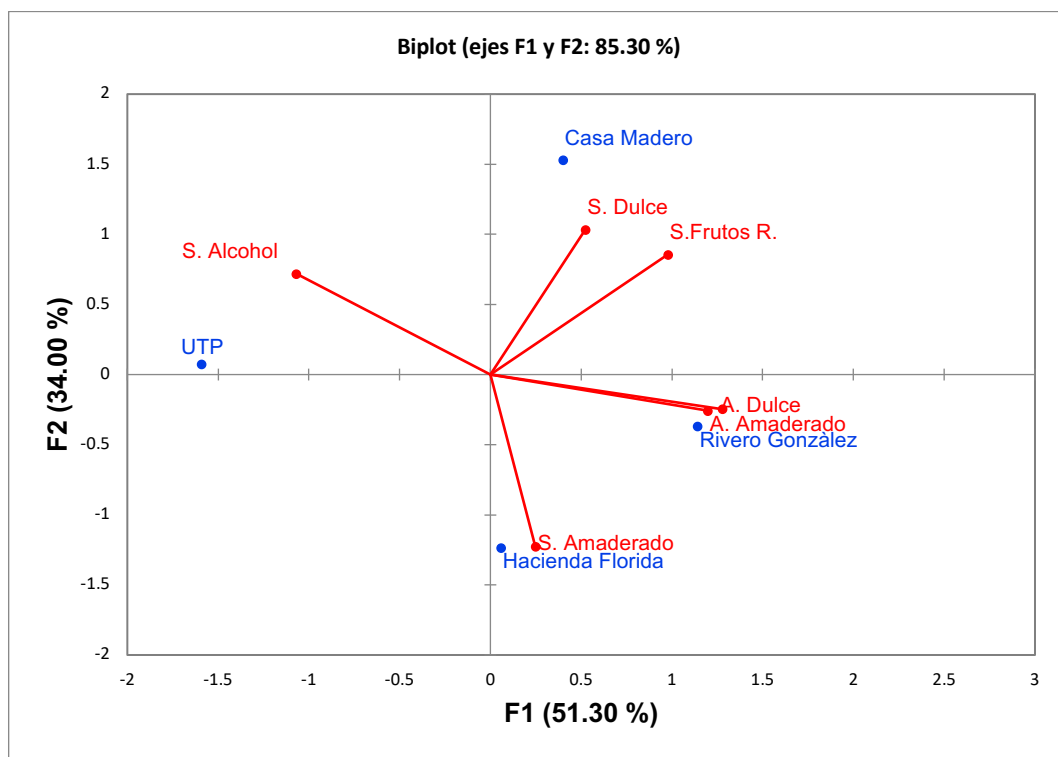


Figura 6. Atributos consensuados por panelistas (•) en perfil flash y ubicación de cuatro tipos de vino de Parras, Coahuila (•) obtenidos por Análisis Procusteano Generalizado (APG).

De acuerdo con los resultados de Muñoz-Bernal et al. (2016), Liu et al. (2016) y Lu et al. (2020), los sabores afrutados están relacionados con la concentración de ésteres, como el acetato de 2-feniletilo, el acetato de metilo y el acetato de etilo, que se producen durante la fermentación alcohólica y maloláctica. Asimismo, Sáenz-Navajas et al. (2016) y Sáenz-Navajas et al. (2015) mencionan que los aromas dulces, afrutados y, especialmente, los aromas a frutos rojos como la fresa en el vino de la variedad Tempranillo, están relacionados con

compuestos volátiles como el acetato de isobutilo, butirato de etilo, hexanoato de etilo (caproato de etilo), entre otros. Además, reportaron que el aroma a frutos rojos está relacionado con las levaduras *Saccharomyces cerevisiae*. Por otro lado, Ge et al. (2024) reportaron que el caproato de etilo, responsable de los aromas frutales, fue producido durante la fermentación maloláctica del vino Cabernet Sauvignon, mientras que el sabor dulce se asocia con compuestos como el decanoato de isopentano, miristato de etilo y octanoato de metilo.

Ntulli et al. (2023) encontraron que los sabores a frutos rojos se incrementaron en el vino Merlot al realizar la fermentación sin el orujo, lo que favoreció una mayor formación de ésteres y una mayor extracción de β -damascenona y linalool, además de reducir la concentración de alcohol isobutílico. En cuanto al aroma amaderado, este es producido principalmente por el 1-hexanol, según lo reportado por Tong et al. (2024), además de estar asociado a la presencia de monoterpenos (Ilc, Werck-Reichhart y Navrot, 2016). Por último, el sabor a alcohol se atribuye principalmente a los alcoholes superiores, acetatos y ésteres, según los resultados reportados por Tao et al. (2008) en vinos Cabernet Sauvignon.

3.4 Conclusiones

El presente estudio describió detalladamente el proceso de elaboración del vino tinto, identificando doce etapas principales y analizando cómo estas fases y sus condiciones influyen en las características sensoriales del producto final. Aunque las bodegas vitivinícolas siguen métodos de producción generalmente similares, se observaron diferencias significativas en la corrección de parámetros claves como el pH y los °Brix, así como en la elección de las levaduras para la fermentación; en el caso de UTP y Rivero González, se utiliza *Saccharomyces bayanus*, lo que contribuye a variaciones sensoriales en los vinos producidos, especialmente en el aroma. Otra diferencia relevante en los procesos fue la implementación de remontados y bazuqueos, los cuales impactan de manera notable en el color y la astringencia del vino. Específicamente, el uso de

bazuqueos facilita una mejor extracción de compuestos fenólicos, lo que refuerza la importancia de una gestión cuidadosa en cada etapa de la vinificación para lograr un producto final distintivo entre las diferentes bodegas.

Mediante el perfil flash, se identificaron seis descriptores clave (sabor a alcohol, sabor dulce, sabor a frutos rojos, sabor amaderado, aroma dulce y aroma amaderado), lo que permitió diferenciar claramente los cuatro vinos evaluados. En particular, el vino de UTP se destacó por su sabor a alcohol, mientras que los vinos de Rivero González, Casa Madero y Hacienda Florida se caracterizaron por sus notas a frutos rojos, dulces y amaderadas. A diferencia de otros estudios, el índice de consenso fue significativamente grande, lo que sugiere un alto grado de avenencia de los panelistas.

La industria vitivinícola puede beneficiarse significativamente de los resultados obtenidos tanto en el perfil descriptivo del vino como en la caracterización del proceso de producción, pues permiten mejorar y destacar los atributos sensoriales de sus productos, diferenciándolos de la competencia y facilitando su entrada a nuevos mercados. Al optimizar los procesos y ajustar las características sensoriales del producto, las bodegas pueden innovar en su oferta y atraer a consumidores con perfiles diversos.

Esto no solo fortalecerá la industria vitivinícola, sino que también impulsará el desarrollo económico de la zona, generando empleo, fomentando el enoturismo y promoviendo el reconocimiento de la región conocida como productora de vino de calidad.

3.5 Literatura citada

- Alegre, Y., de la Fuente, A., Hernández-Orte, P., Ferreira, V., & Sáenz-Navajas, M.-P. (2015). Aplicación de nuevas técnicas rápidas de análisis sensorial a la investigación enológica: prueba de categorización de la calidad seguida de un perfilado rápido. *Revista de enología*, 152.
- Aleixandre-Tudo, J. L., & du Toit, W. (2018). Cold maceration application in red wine production and its effects on phenolic compounds: A review. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 95, 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.096>
- Consejo Mexicano Vitivinícola (CVM). (2024). Un país, 11 regiones. Consultado: <https://uvayvino.org.mx/html/vino-mx.php#mapa-regiones>
- de Beer, D., Joubert, E., Marais, J., & Manley, M. (2017). Maceration before and during fermentation: Effect on pinotage wine phenolic composition, total antioxidant capacity and objective colour parameters. *South African journal of enology and viticulture*, 27(2). <https://doi.org/10.21548/27-2-1614>
- Del Alamo-Sanza, M., Cárcel, L. M., & Nevares, I. (2017). Characterization of the oxygen transmission rate of oak wood species used in cooperage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(3), 648-655. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05188>
- del Alamo-Sanza, M., & Nevares, I. (2014). Recent advances in the evaluation of the oxygen transfer rate in oak barrels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(35), 8892-8899. <https://doi.org/10.1021/jf502333d>
- Denat, M., Pérez, D., Heras, J. M., Sáenz-Navajas, M. P., & Ferreira, V. (2021). Impact of two yeast strains on Tempranillo red wine aroma profiles throughout accelerated ageing. *OENO One*, 55(4), 181-195. <https://doi.org/10.20870/oenone.2021.55.4.4732>
- Ferreira-Lima, N. E., Burin, V. M., Caliari, V., & Bordignon-Luiz, M. T. (2016). Impact of pressing conditions on the phenolic composition, radical scavenging activity and glutathione content of Brazilian *Vitis vinifera* white wines and evolution during bottle ageing. *Food and Bioprocess Technology*, 9(6), 944-957. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1680-7>
- Filimon, R. V., Bunea, C.-I., Nechita, A., Bora, F. D., Dunca, S. I., Mocan, A., & Filimon, R. M. (2022). New malolactic bacteria strains isolated from wine Microbiota: Characterization and technological properties. *Fermentation*, 8(1), 31. <https://doi.org/10.3390/fermentation8010031>
- Flor, F. J., Leiva, F. J., García, J., Martínez, E., Jiménez, E., & Blanco, J. (2017). Environmental impact of oak barrels production in Qualified Designation of Origin of Rioja. *Journal of Cleaner Production*, 167, 208-217. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.190>

- García, C. C. M., Jáquez, J. G. R., & del Carmen Mora Cortés, M. T. (2017). *Uvas, tierra y memoria: Coahuila : raíz de la vitivinicultura en América*.
- Ge, X., Liu, Y., Wang, X., Gao, C., Mu, J., Wang, W., & Wang, J. (2024). Correlations between microbes with volatile compounds and physicochemical indicators of Cabernet Sauvignon wines fermented with different starters. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 198(115918), 115918. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115918>
- González-Neves, g., Balado, J., Barreiro, L., Boichichio, R., Gatto, G., Gil, G., Tessore, A., Ferrer, M. Efecto de Algunas Prácticas de Manejo del Viñedo y de la Vinificación en la Composición Fenólica y el Color de los Vinos Tintos. In Proceedings of the X Congresso Brasileiro de Viticultura e Enología, Anais, Bento Gonçalves, RS, Brazil, 3–5 Diciembre 2003.
- Guerrini, L., Angeloni, G., Baldi, F., & Parenti, A. (2017). Thermal effects of pump-overs during red wine fermentation. *Applied Thermal Engineering*, 112, 621-626. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.10.155>
- Harrison, R. (2018). Practical interventions that influence the sensory attributes of red wines related to the phenolic composition of grapes: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(1), 3-18. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13480>
- Ilc, T., Werck-Reichhart, D., & Navrot, N. (2016). Meta-analysis of the core aroma components of grape and wine aroma. *Frontiers in plant science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01472>
- International Organization of Vine and Wine (OIV), (2024). Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis. Vol. 1. OIV, Paris, France.
- International Organization of Vine and Wine (OIV). (2010). Definición de “terroir” vitivinícola. Resolución OIV/VITI 333/2010. En AG OIV 25/06/2010 Tbilissi (Georgia)
- International Organization of Vine and Wine. (2023). International code of oenological practices.
- James, A., Yao, T., Ke, H., & Wang Yousheng. (2023). Microbiota for production of wine with enhanced functional components. *Food Science and Human Wellness*, 12, 1481-1492. <http://doi.org/10.1016/j.fshw.2023.02.008>
- Latessa, S. H., Hanley, L., & Tao, W. (2023). Characteristics and practical treatment technologies of winery wastewater: A review for wastewater management at small wineries. *Journal of Environmental Management*, 342(118343), 118343. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118343>
- Lerno, L. A., Panprivech, S., Ponangi, R., Hearne, L., Blair, T., Oberholster, A., & Block, D. E. (2018). Effect of pump-over conditions on the extraction of phenolic compounds during Cabernet Sauvignon fermentation. *American*

- Li, F., Wang, S., Dong, R., Qian, D., Shi, M., Gao, C., Liu, M., & Zhang, Z. (2024). Effects of 'Cabernet Sauvignon' grape fruit maturity on aroma substances and sensory characteristics of wine. *Food and Fermentation Industries*, 50(10), 244-251. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.036428>
- Liu, J., Bredie, W. L. P., Sherman, E., Harbertson, J. F., & Heymann, H. (2018). Comparison of rapid descriptive sensory methodologies: Free-Choice Profiling, Flash Profile and modified Flash Profile. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 106, 892-900. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.062>
- Liu, K., Gao, D., Liu, Z., Li, N., Bian, Y., Zheng, R., et al. (2014). Screening of lactic acid bacteria with high activities malolactic enzyme and analysis of indigenous flora in red wine. *J. Chem. Pharm. Res.* 6. 136–144
- Liu, P.-T., Lu, L., Duan, C.-Q., & Yan, G.-L. (2016). The contribution of indigenous non-Saccharomyces wine yeast to improved aromatic quality of Cabernet Sauvignon wines by spontaneous fermentation. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 71, 356-363. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.031>
- Lu, Y., Sun, F., Wang, W., Liu, Y., Wang, J., Sun, J., Mu, J., & Gao, Z. (2020). Effects of spontaneous fermentation on the microorganisms diversity and volatile compounds during 'Marselan' from grape to wine. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 134(110193), 110193. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110193>
- Maicas, S. (2021). Advances in wine fermentation. *Fermentation*, 7(3), 187. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030187>
- Muñoz-Bernal, E., Deery, M. J., Rodríguez, M. E., Cantoral, J. M., Howard, J., Feret, R., Natera, R., Lilley, K. S., & Fernández-Acero, F. J. (2016). Analysis of temperature-mediated changes in the wine yeast *Saccharomyces bayanus* var *uvarum*. An oenological study of how the protein content influences wine quality. *Proteomics*, 16(4), 576-592. <https://doi.org/10.1002/pmic.201500137>
- Muñoz-Bernal, Ó. A., Coria-Oliveros, A. J., Vazquez-Flores, A. A., de la Rosa, L. A., Núñez-Gastélum, J. A., Rodrigo-García, J., Ayala-Zavala, J. F., & Alvarez-Parrilla, E. (2020). Evolution of phenolic content, antioxidant capacity and phenolic profile during cold pre-fermentative maceration and subsequent fermentation of Cabernet Sauvignon Red Wine. *South African journal of enology and viticulture*, 41(1). <https://doi.org/10.21548/41-1-3778>
- Ntuli, R. G., Saltman, Y., Ponangi, R., Jeffery, D. W., Bindon, K., & Wilkinson, K. L. (2022). Impact of fermentation temperature and grape solids content on the chemical composition and sensory profiles of Cabernet Sauvignon

- wines made from flash détente treated must fermented off-skins. *Food Chemistry*, 369(130861), 130861. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130861>
- Ntuli, R. G., Saltman, Y., Ponangi, R., Jeffery, D. W., Bindon, K., & Wilkinson, K. L. (2023). Impact of skin contact time, oak and tannin addition on the chemical composition, color stability and sensory profile of Merlot wines made from flash détente treatment. *Food Chemistry*, 405(134849), 134849. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134849>
- Pettinelli, S., Pardini, L., De Angeli, G., Bianchi, A., Najar, B., Cerreta, R., Bellincontro, A., Florida, G., & Mencarelli, F. (2022). Innovative “soft” maceration techniques in red grape fermentation. *Beverages*, 8(4), 62. <https://doi.org/10.3390/beverages8040062>
- Plavša, T., Jagatić Korenika, A.-M., Lukić, I., Bubola, M., & Jeromel, A. (2021). Influence of different malolactic fermentation techniques on changes in chemical properties and volatile compounds of cv. Teran red wine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Central European Agriculture*, 22(3), 582-595. <https://doi.org/10.5513/jcea01/22.3.3172>
- Puma-Isuiza, G. G., Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú., Núñez-Saavedra, C., & Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. (2020). Comparación del Perfil Flash y Napping®-UPF en la caracterización sensorial de hot-dog. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(2), 135-145. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.601>
- Sacchi, K. L., Bisson, L. F., & Adams, D. O. (2005). A review of the effect of winemaking techniques on phenolic extraction in red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56(3), 197-206. <https://doi.org/10.5344/ajev.2005.56.3.197>
- Sáenz-Navajas, M.-P., Alegre, Y., de-la-Fuente, A., Ferreira, V., García, D., Eizaguirre, S., Razquin, I., & Hernández-Orte, P. (2016). Rapid sensory-directed methodology for the selection of high-quality aroma wines: Sensory-directed screening for selecting wine yeasts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(12), 4250-4262. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7636>
- Sáenz-Navajas, M.-P., Avizcuri, J.-M., Ballester, J., Fernández-Zurbano, P., Ferreira, V., Peyron, D., & Valentin, D. (2015). Sensory-active compounds influencing wine experts' and consumers' perception of red wine intrinsic quality. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 60(1), 400-411. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.026>
- Scollary, G. R. (2016). Wines: Wine production. En *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 571-576). Elsevier.
- Setford, P. C., Jeffery, D. W., Grbin, P. R., & Muhlack, R. A. (2017). Factors affecting extraction and evolution of phenolic compounds during red wine

- maceration and the role of process modelling. *Trends in Food Science & Technology*, 69, 106-117. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.09.005>
- Tao, Y., Li, H., Wang, H., & Zhang, L. (2008). Volatile compounds of young Cabernet Sauvignon red wine from Changli County (China). *Journal of Food Composition and Analysis: An Official Publication of the United Nations University, International Network of Food Data Systems*, 21(8), 689-694. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.05.007>
- Tomic, O. (2016). *Differences between Generalised Procrustes Analysis and Multiple Factor Analysis in the case of projective mapping*. Norwegian University of Life Sciences.
- Tong, W., Zhai, H., Qi, M., Hua, Y., Shi, T., Shang, H., Shi, Y., Duan, C., & Lan, Y. (2024). Characterization of chemical and sensory properties of Cabernet Sauvignon and Marselan wines made by flash détente technique. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 184, 114229. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114229>
- Vázquez-Eloarza, A., Sánchez-Osorio, E., García, A., y Pérez, N. (2022). La industria mexicana en el siglo XXI: retos económicos, sociales y ambientales. D.R. Ed. Guadalajara
- Vivanco Arana, M. E., Vivanco Vargas, D. M., & Morgan Beltran, D. J. (2022). Production of Red Wine with a touch of lemon in queretaro, Mexico. *International journal of managerial studies and research*, 10(8), 48-61. <https://doi.org/10.20431/2349-0349.1008005>
- White, W., & Catarino, S. (2023). How does maturation vessel influence wine quality? A critical literature review. *Ciência e técnica vitivinícola*, 38(2), 128-151. <https://doi.org/10.1051/ctv/ctv20233802128>
- Wu, A., Lv, J., Ju, C., Wang, Y., Zhu, Y., & Chen, J. (2022). Optimized clarification technology of bayberry juice by chitosan/sodium alginate and changes in quality characteristics during clarification. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(5), 671. <https://doi.org/10.3390/foods11050671>
- Yang, B., Yao, H., Zhang, J., Li, Y., Ju, Y., Zhao, X., Sun, X., & Fang, Y. (2020). Effect of regulated deficit irrigation on the content of soluble sugars, organic acids and endogenous hormones in Cabernet Sauvignon in the Ningxia region of China. *Food Chemistry*, 312(126020), 126020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126020>
- Zemanek, P., Masan, V., Burg, P., & Gladyszewska, B. (2019). Evaluation of selected parameters of mechanical and pneumatic press during grape pressing. *Engineering for Rural Development*.

4 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y METAGENÓMICA DEL VINO

RESUMEN

El vino es una bebida compleja cuyo perfil sensorial y calidad dependen de diversos factores, como la variedad de uva utilizada, el tipo de levadura y el "terroir", que incluye las condiciones del suelo, el clima, la topografía y las prácticas vitivinícolas. Durante su proceso de producción, especialmente durante la fermentación, se generan diversas reacciones bioquímicas debido a la acción de las levaduras, las cuales generan compuestos volátiles y no volátiles que confieren atributos sensoriales al vino. Por ello, el objetivo de esta investigación fue identificar los microorganismos presentes en el mosto de vino, mediante la técnica *shotgun*, así como identificar los compuestos volátiles presentes, mediante cromatografía de gases. Se identificaron cuatro filos de procariotas: *Firmicutes*, *Proteobacterias*, *Actinobacterias* y *Bacteroidetes*, así como un filo de eucariotas: *Ascomycota*. De estos, *Firmicutes* fue el filo de mayor abundancia en tres de las muestras analizadas: Casa Madero, Rivero González y UTP. Además, se identificaron un total 122 compuestos volátiles diferentes, entre los cuales destacan ésteres, ácidos carboxílicos, aldehídos, alquenos, alcoholes, cetonas, aminas, terpenos, éteres, tioles, lactonas, compuestos heterocíclicos y lactonas, los cuales son característicos de la variedad Cabernet Sauvignon.

Palabras clave: Compuestos volátiles, fermentación, mosto de vino, *shotgun*, cromatografía de gases.

PHYSICOCHEMICAL AND METAGENOMIC CHARACTERIZATION OF WINE

ABSTRACT

Wine is a complex beverage whose sensory profile and quality depend on various factors, such as the grape variety used, the type of yeast, and the 'terroir,' which includes soil conditions, climate, topography, and winemaking practices. During the production process, particularly during fermentation, various biochemical reactions occur due to the action of yeasts, which generate volatile and non-volatile compounds that impart sensory attributes to the wine. Therefore, the objective of this research was to identify the microorganisms present in the wine must using the shotgun technique, as well as to identify the volatile compounds present using gas chromatography. Four prokaryotic phyla were identified: *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, and *Bacteroidetes*, as well as one eukaryotic phylum: *Ascomycota*. Among these, *Firmicutes* was the most abundant phylum in three of the analyzed samples: Casa Madero, Rivero González, and UTP. Additionally, a total of 122 different volatile compounds were identified, including esters, carboxylic acids, aldehydes, alkenes, alcohols, ketones, amines, terpenes, ethers, thiols, lactones, heterocyclic compounds, and lactones, which are characteristic of the Cabernet Sauvignon variety.

Key words: Volatile compounds, fermentation, wine must, shotgun, gas chromatography.

4.1 Introducción

El vino es la bebida resultante de la fermentación alcohólica, ya sea completa o parcial del mosto de uvas (*Vitis vinifera*) (OIV, 2024). Esta bebida se distingue por contener una amplia cantidad de compuestos volátiles y no volátiles, que juegan un papel crucial en la determinación de sus características fisicoquímicas y sensoriales. Estas características están influenciadas por diversos factores, entre los que se incluyen la variedad de la uva utilizada, el tipo de levadura empleada, y el "terroir" vitivinícola (Zhang et al., 2022). Este último concepto abarca propiedades del suelo, la topografía, el clima, la biodiversidad, así como las prácticas vitivinícolas (OIV, 2010; Sáenz et al., 2015).

La fermentación es un proceso fundamental en la elaboración de vino, en el cual ocurren diversas reacciones bioquímicas, que son realizadas por la acción de levaduras (Lappa et al., 2020; Maicas, 2021). Durante este proceso se generan una serie de compuestos, como: alcoholes, ácidos, compuestos carbonílicos, fenoles, ésteres y monoterpenoides, que influyen directamente en los atributos sensoriales y calidad de cada vino (Ge et al., 2024; Liu et al., 2019). Aunque tradicionalmente se utilizan levaduras del género *Saccharomyces* durante la fermentación, debido a alta eficiencia (Zhang et al., 2022), actualmente se ha fomentado la elaboración de vinos por la acción de microorganismos "autóctonos", con la finalidad de destacar los atributos sensoriales, resaltar la tipicidad del vino y además de ayudar a su diferenciación en el mercado (Liu et al., 2019).

Dada la gran complejidad química del vino, que contiene más de 1,000 compuestos volátiles y no volátiles (Wang et al., 2022), se han empleado diversas técnicas analíticas para identificar los componentes químicos presentes (Popîrda et al., 2021; Ranaweera et al., 2021). Estas técnicas además permiten evaluar la calidad del vino, la influencia de las prácticas enológicas, el comportamiento de la fermentación y el terroir (Chávez-Márquez et al., 2022). Entre las técnicas utilizadas se encuentra la cromatografía, empleada para la cualificación y cuantificación de compuestos volátiles y no volátiles, derivados de la uva, el

proceso de producción y maduración del vino (Stój, Czernecki y Domagala, 2023). Por lo tanto, la metagenómica es una herramienta clave que permite identificar a los microorganismos presentes, ayuda a entender cómo las poblaciones microbianas en los viñedos influyen en la fermentación del vino y, en consecuencia, en sus características sensoriales (Bokulich et al., 2016; Popîrda et al., 2021).

En México, la industria vitivinícola se encuentra en crecimiento y desarrollo, con la producción de vinos en 16 estados del país. Cada uno de estos estados cuenta con una gran diversidad orográfica, topográfica, de microclimas y suelos, que resultan en la producción de vino de calidad con una amplia variedad de sabores y aromas (CMV, 2024; García, Jáquez y Del Carmen Mora Cortés, 2017; Vázquez-Elorza et al., 2022).

Este capítulo tiene como objetivo identificar los microorganismos presentes en muestras de mosto, así como los compuestos volátiles presentes en muestras de vino Cabernet Sauvignon de diferentes casas vinícolas de Parras, Coahuila.

4.2 Materiales y métodos

4.2.1 Objeto de estudio

Se recolectaron muestras de mosto de vino Cabernet Sauvignon de cuatro vinícolas (Cuadro 3), tres de ellas ubicadas en el municipio de Parras de la Fuente ([25°26'13"N 102°11'01"O](#)): Casa Madero, Rivero González, Universidad Tecnológica de Parras, y otra ubicada en el municipio General Cepeda ([25°32'00"N 101°32'00"O](#)), Hacienda Florida. Las muestras se recolectaron de acuerdo con la metodología descrita por Sternes et al. (2017), tomando muestras acercándose el final de la fermentación. Se recuperaron 50 mL de mosto por vinícola, los cuales fueron almacenados a -4 °C hasta su análisis.

Se emplearon cuatro vinos de variedad Cabernet Sauvignon, tres de ellos de añada 2021, y uno de añada 2020.

Cuadro 3. Ubicación geográfica de vitivinícolas estudiadas.

Vinícola	Ubicación	Latitud (Norte)	Longitud (Este)	Altitud (msnm)	Añada
Casa Madero	Valle de Parras	25° 30' 05"	102° 11' 32"	1391	2021
Hacienda Florida	General Cepeda	25° 29' 07"	101° 29' 35"	1296	2020
Rivero González	Valle de Parras	25° 26' 08"	102° 09' 14"	1524	2021
Universidad Tecnológica de Parras (UTP)	Valle de Parras	25° 27' 11"	102° 10' 45"	1492	2021

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Caracterización metagenómica

Extracción de ADN

Para cada muestra, se centrifugaron 50 mL de mosto durante 30 min a 10 000 rpm en una centrifuga IEC CL31 Multispeed (Thermo Fisher, Thermo Fisher Scientific Inc., EUA). En tubos eppendorf de 1.5 mL se colocó 1 mL de cada una de las muestras, posteriormente se centrifugaron utilizando una microcentrífuga Mikro 20 (Hettich, Andreas Hettich GmbH & Co. KG, Alemania) a 13 000 rpm durante 20 min. La extracción de ADN se realizó utilizando ZymoBIOMICS™ DNA Miniprep Kit (Zymo, Zymo Research, EUA), siguiendo el protocolo descrito por el proveedor. Cada extracción se realizó por triplicado y se almacenaron a -20 °C.

Calidad y concentración de ADN

En un espectrofotómetro nanodrop UVS-99UVISDrop (Avans Biotechnology Inc., EUA) se colocaron 2 µL de muestra para su cuantificación. La absorbancia fue obtenida a 260 nm.

Shotgun

La secuenciación del ADN mediante la técnica shotgun fue llevada a cabo a través de los servicios de Macrogen, Inc. (Seoul, Corea del Sur). Las muestras se prepararon de acuerdo con el flujo de trabajo de preparación de la biblioteca NGS y se secuenciaron utilizando la plataforma Illumina (California, Estados Unidos).

Análisis bioinformático

Todos los análisis de datos se llevaron a cabo utilizando la plataforma UseGalaxy EU. El control de calidad de las secuencias fue realizado mediante la herramienta FastQC (Andrew, 2010), la cual permitió evaluar la calidad de los datos de secuenciación. Para mejorar la calidad de los datos obtenidos, se utilizó Trimmomatic, una herramienta que facilitó la eliminación de lecturas de baja calidad, la eliminación de lecturas demasiado cortas, y bases con una baja precisión de secuenciación.

La clasificación taxonómica de las lecturas se llevó a cabo utilizando el clasificador metagenómico MetaPhlAn (Segata et al., 2012). Esta herramienta permitió perfilar la composición de comunidades microbianas a nivel de especie, proporcionando además estimaciones de la abundancia relativa de los organismos presentes en las muestras.

4.2.3 Determinación de compuestos volátiles

La unidad experimental estuvo conformada por los cuatro vinos. Se colocaron 5 mL de muestra en un vial de vidrio de 22 mL con tapa rosca con septa de PTFE/silicón y se añadió 1 g de cloruro de sodio. El vial de la muestra se calentó y equilibró a 56 °C por 30 min y en agitación a 500 rpm. Enseguida, se introdujo la fibra *Divinylbenzene/Carbon wide range/Polydimethylsiloxane* (AgilentTechnologies®, U.S.A), en la fase de vapor (*headspace*) por 30 min. Después de la extracción, la fibra se insertó en el puerto de inyección del cromatógrafo de gases acoplado a un detector selectivo de masas (GC-MSD) a 180 °C y la desorción de los compuestos fue realizada por 15 minutos en modo

splitless. Se empleo una columna DB-WAX Ultra Inert 60m x 250 μm x 0.25 μm (Agilent Technologies®, U.S.A), como gas acarreador se empleó helio a un flujo de 1 mL min⁻¹. La temperatura inicial de la columna fue de 40 °C y se mantuvo por 4 min, posteriormente se incrementó de 5 °C min⁻¹ hasta 100 °C, finalmente se elevó la temperatura de 10 °C min⁻¹ hasta 200 °C, la temperatura del puerto de inyección fue de 180 °C.

El detector selectivo de masas se realizó mediante ionización electrónica a 70 eV, con rango de escaneo de 30-550 uma, la velocidad de lectura fue de 13.8 espectros/s, se empleó una temperatura de cámara de ionización de 200 °C, finalmente la línea de transferencia se mantuvo a una temperatura de 250 °C. El procesamiento de datos se realizó mediante el software MassHunter Workstation (Agilent Technologies, Inc. 2012). Los compuestos se identificaron con base en los patrones de fragmentación de los espectros de masas, los cuales se compararon con la información de los compuestos químicos en la base de datos del NIST (National Institute of Standards and Technology) y la base de datos de fragancias Flavor (Agilent Technologies). Se realizó la determinación de los índices de Kovats de cada compuesto.

4.3 Resultados y discusión

4.3.1 Perfil taxonómico durante la fermentación del mosto para vino Cabernet Sauvignon

En el presente estudio, se identificaron cuatro filos de procariotas: *Firmicutes*, *Proteobacterias*, *Actinobacterias* y *Bacteroidetes* (Figura 7). Estos resultados coinciden con los hallazgos de Wang et al. (2022) en mosto de Cabernet Sauvignon, donde también se reportaron los mismos filos. Similar a lo observado en dicho estudio, *Firmicutes* resultó ser el filo de mayor abundancia en las muestras de Casa Madero, Rivero González y UTP, representando el 99.8 %, 99 % y 93 %, respectivamente. En contraste, en la muestra de Hacienda Florida, *Firmicutes* representó solo el 13 %, mientras que el filo *Actinobacteria* mostró una abundancia del 2 %.

En la muestra correspondiente a la Universidad Tecnológica de Parras, se identificó un segundo filo de procariota predominantes: *Proteobacteria*, con abundancias del 2 %. Además de los filos de procariotas, se detectó un filo de eucariotas, *Ascomycota*, que presentó una alta abundancia en la muestra de Hacienda Florida (85 %) en comparación con la muestra de la UTP, donde representó solo el 5 %.

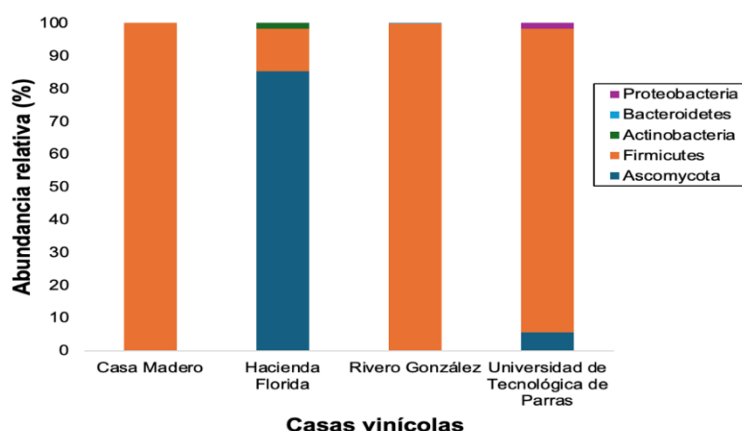


Figura 7. Abundancia relativa de principales filos presentes en muestras de mosto de uva.

En las cuatro muestras de mosto se detectaron 11 géneros de bacterias (Figura 8). En cuanto a la abundancia, *Leuconostoc* representó el 99 % del total de microorganismos en las muestras de Casa Madero y Rivero González, lo cual coincide con lo reportado por Wang et al., (2022) y Zheng et al., (2021). El 1 % restante estuvo representado por *Aerococcus* y *Bacteroides*.

En la muestra de Hacienda Florida, se presentó *Aerococcus* (11 %), *Kocuria* (2 %) y el 2 % restante representado por *Sataplylococcus*, *Streptococcus* y *Weissella*. La muestra de la UTP se caracterizó por una mayor abundancia de *Lactobacillus* (93 %), además de presentar *Pantoea* (1 %), *Erwinia* y *Tutumella* (1 %).

Asimismo, se detectaron dos géneros de hongos: *Saccharomyces* y *Candida*. La muestra de Hacienda Florida presentó el mayor porcentaje de *Saccharomyces* (85 %), mientras que en Rivero González y Casa Madero solo representó el 0.1 %. El género *Candida* solo estuvo presente en la muestra de la UTP con un 5 %, similar a lo reportado por Bokulich et al., (2016), quienes encontraron el género *Candida* con 1.3 %.

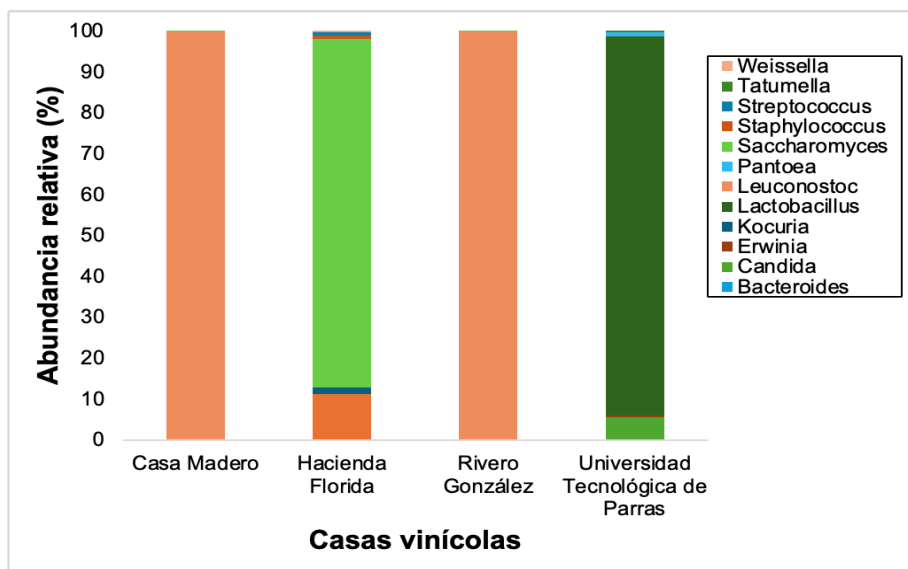


Figura 8. Abundancia relativa de principales géneros de bacterias y hongos presentes en muestras de mosto de uva.

Además de la microbiota fermentativa, que desempeña un papel crucial en el proceso de fermentación del vino, existe una microbiota no fermentativa asociada a la uva que también influye significativamente en el aroma y sabor del vino (Bolulich et al., 2016). Esta microbiota no fermentativa incluye diversas bacterias ácido lácticas (BAL), como *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus* y *Pediococcus*. Estas bacterias son capaces de sobrevivir en condiciones adversas, como altas concentraciones de etanol y bajos niveles de pH (Zhang et al., 2022).

En el presente estudio, se identificaron distintas especies de BAL en las muestras analizadas: *Lactobacillus* en la muestra de UTP; *Leuconostoc* en las muestras de Rivero González y Casa Madero; y *Streptococcus* en la muestra de Hacienda

Florida. La presencia de *Leuconostoc* y *Lactobacillus* durante la fermentación maloláctica es especialmente relevante, ya que estas bacterias contribuyen a la desacidificación del vino y a la producción de compuestos aromáticos que enriquecen el perfil sensorial del vino (Li et al., 2020).

Las notables variaciones en los microorganismos presentes en cada una de las muestras pueden ser atribuidas a diversos factores, como los cambios en la altitud de las diferentes vitivinícolas (Morrison-Whittle y Goddard, 2015; Zarraonaindia et al., 2015).

4.3.2 Compuestos volátiles en muestras de vino Cabernet Sauvignon

En las muestras de vino Cabernet Sauvignon, se lograron identificar un total de 122 compuestos volátiles diferentes utilizando una fibra DVB/CWR/PDMS. El contenido total de compuestos no difirió significativamente entre las 4 muestras; 46 compuestos tanto en la muestra de Hacienda Florida como en Rivero González; 48 en la muestra de Casa Madero y 37 compuestos en la muestra de UTP. Dentro de los compuestos destacaron ésteres, ácidos carboxílicos, aldehídos, alquenos, alcoholes, cetonas, aminas, terpenos, éteres, tioles, lactonas, compuestos heterocíclicos y lactonas, siendo estos característicos de la variedad Cabernet Sauvignon de acuerdo con estudios previos (Tang et al., 2019; Yue et al., 2014). Los compuestos fueron identificados mediante la fragmentación de los espectros de masas, utilizando la base de datos del National Institute of Standards and Technology (NIST) y la base de datos de fragancias Flavor (Agilent Technologies).

La muestra de Hacienda Florida (Figura 9b) se caracterizó por contener una mayor cantidad de alcoholes en comparación con las otras tres muestras. En las muestras de Casa Madero, Rivero González y UTP (Figuras 9a, 9c y 9d, respectivamente), predominaron los ésteres, junto con otros compuestos como aminas, terpenos, éteres, tioles, lactonas y compuestos heterocíclicos. En particular, la muestra de UTP (Figura 9d) se destacó por su mayor contenido de alquenos y aldehídos.

En general, en las cuatro muestras analizadas se observó una alta concentración de ésteres y alcoholes, siendo los ésteres el grupo predominante. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Ge et al. (2024), Liu et al. (2016), Lu et al. (2020) y Wang et al. (2022), quienes también identificaron una abundancia significativa de ésteres en muestras de vino Cabernet Sauvignon, conocidos por su aporte de aromas frutales al vino. Entre los ésteres detectados se encuentran el acetato de etilo, el hexanoato de etilo y el octanoato de etilo, entre otros (Cuadro 4).

Según Li et al. (2024), el acetato de etilo es uno de los principales ésteres responsables del aroma afrutado y dulce, lo que coincide con los resultados obtenidos en el análisis sensorial reportado previamente.

La Figura 10 muestra cómo se distribuyeron los compuestos encontrados en cada una de las muestras analizadas. Las muestras de Rivero González y Hacienda Florida presentaron la mayor cantidad de compuestos únicos, con 25 y 24 compuestos respectivamente, seguidas por la muestra de Casa Madero, en donde se identificaron 21 compuestos y registró el mayor número de compuestos identificados en total.

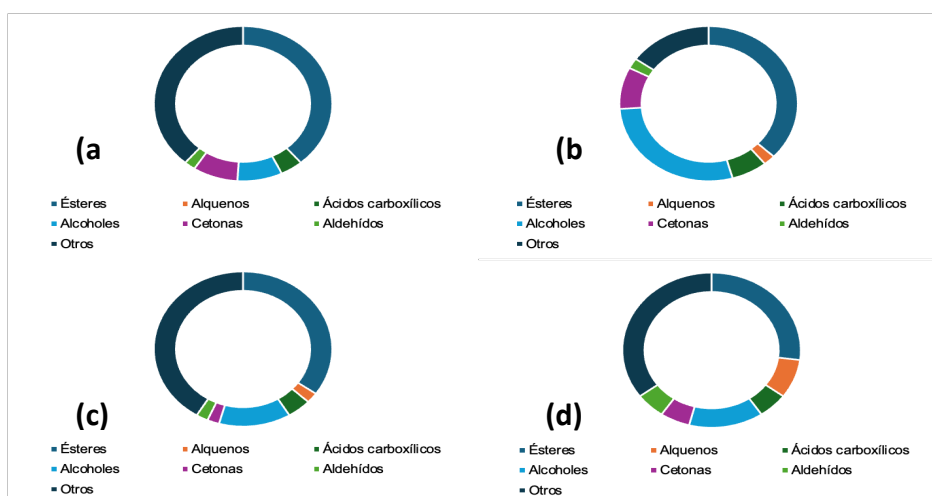


Figura 9. (a) Compuestos volátiles presentes en muestra de vino Cabernet Sauvignon de vitivinícola Casa Madero, (b) Hacienda Florida, (c) Rivero González y (d) Universidad Tecnológica de Parras.

Rivero González y Casa Madero compartieron cuatro compuestos: ácido nitroso, 2H-tetrazol, ácido 2-metil-butanoico-2-metil- y 9-decenoato de etilo. Por otro lado, las muestras de Casa Madero, Rivero González y Hacienda Florida compartieron los compuestos 1-propanol, 2-metil-éster etílico del ácido hexanoico, 7-azabicyclo [4,2,0]octan-8-ona y 2,3-butanodiol, [S-(R*,R*)]-. Casa Madero y Hacienda Florida también compartieron cuatro compuestos: éster etílico del ácido butanoico, éster etílico del ácido butanoico-3-metilo, alcohol isopentílico-acetato y ácido imidazol-4-acético.

En cuanto a las muestras de Hacienda Florida, Rivero González y UTP, estas compartieron dos compuestos: furfural y 2,3-butanodiol, [R-(R*,R*)]-. Además, Hacienda Florida y UTP, así como UTP y Rivero González, y Casa Madero, Hacienda Florida y UTP compartieron solo un compuesto cada una: propil ciclopropano, éster 3-hexenílico del ácido 2-butenico (E,Z)- y acetoína, respectivamente.

De los 122 compuestos volátiles identificados, solo diez fueron compartidos por las cuatro muestras: dióxido de azufre, acetato de etilo, etanol, ácido propanoico, 2-hidroxi-éster etílico (L), éster etílico del ácido octanoico, ácido acético, éster 3-metilbutílico del ácido metoxiacético, éster etílico del ácido decanoico, éster ciclobutílico etílico del ácido succínico y alfa-terpineol.

Las visibles variaciones de los compuestos volátiles presentes en cada una de las muestras, puede ser derivado de los diversos factores involucrados, tales como el tipo de microorganismos asociados al cultivo, y al cambio de altitud en el cual se encuentra cada una de las vitivinícolas, tal y como lo reportado por Yue et al. (2015), quienes encontraron variaciones de compuestos aromáticos en muestras de vino Cabernet Sauvignon producido a diferentes altitudes, además de encontrar mayor número de alcoholes y ésteres.

Compuestos aromáticos fermentativos, como: acetato de etilo, butirato de etilo, acetato de isoamilo, caproato de etilo, decanoato de etilo, 9 decanoato de etilo, isobutanol y alcohol isoamilico, fueron reportados por Zang et al. (2022) en vino Cabernet Sauvignon y los cuales resultaron estar relacionados con aromas a frutas dulces, frutas confitadas, plátano y aceite (Tristezza et al., 2016).

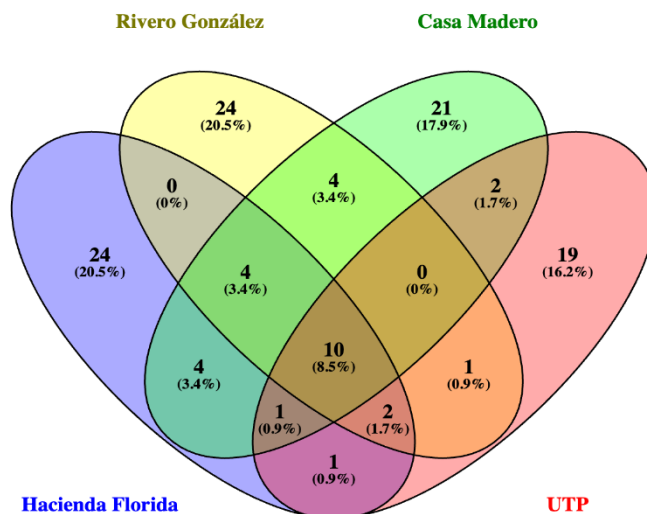


Figura 10. Diagrama de Venn de número de compuestos compartidos y únicos en muestras de vino Cabernet Sauvignon.

Algunos ésteres, como el caproato de etilo y el 9-decanoato, han sido identificados por Lu et al. (2020) y Wang et al. (2022), quienes también señalaron que *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, y *Saccharomyces* desempeñan un papel crucial en la formación de estos compuestos, los cuales también se encontraron en esta investigación. Los ésteres acetato de etilo y acetato de isoamilo, presentes en las cuatro muestras, son producidos principalmente por *Lactobacillus* y *Streptococcus*, según lo reportado por Chen et al. (2020).

En el Cuadro 4 se presentan los descriptores aromáticos de diversos compuestos volátiles identificados en investigaciones previas, así como los principales microorganismos responsables de su síntesis, los cuales también se detectaron en este estudio. El alcohol isoamilico (3-metil-1-butanol) e isobutanol encontrados en esta investigación, son responsables de conferir un aroma y sabor picante que

regularmente se relacionan con notas herbáceas (García-Carpintero et al., 2011), además de ser relacionado con aromas dulces y afrutados (Aznar et al., 2001); estos compuestos son atribuidos principalmente por *Saccharomyces* (Lu et al., 2020). El aroma afrutado fue detectado en el análisis de perfil flash, como se mencionó previamente en esta investigación.

El etanol y el 2,3-butanodiol fueron identificados en las cuatro muestras de vino analizadas. Según Chen et al. (2020), estos alcoholes son producidos principalmente por *Lactobacillus* y *Streptococcus*. Estos microorganismos fueron encontrados en las muestras de UTP y Hacienda Florida.

Los terpenos son característicos por tener un umbral olfativo bajo, además de estar asociados al aroma típico de los vinos, aromas florales y cítricos (Yue et al., 2015). Dentro de los terpenos encontrados en esta investigación se encuentra el alfa terpineol que estuvo presente en las 4 muestras de vino y el cual es uno de los terpenoides más representados en vinos (Wang, Chen y Hou, 2019), al igual que linalool que solo estuvo presente en una muestra (Rivero González).

Cuadro 4. Descripción de aromas y compuestos volátiles identificados en vino Cabernet Sauvignon y sus microorganismos precursores.

Grupo	Compuesto	Descripción del aroma	Referencia	Microorganismo o precursor	Referencia
Alcoholes	Alcohol isoamilico (3-metil-1-butanol)	Frutal, queso	Ivić et al., 2021; Yue et al., 2015	<i>Saccharomyces</i>	Ge et al., 2024
	2,3 Butanodiol	Frutal	Ivić et al., 2021	<i>Lactobacillus</i> y <i>Streptococcus</i>	Chen et al., 2020
	Isobutanol (2-metil-1-propanol)	Dulce, alcohol, chocolate	Aznar et al., 2001; Ivić et al., 2021; Ferreira et al., 2002	<i>Lactobacillus</i> y <i>Leuconostoc</i>	Wang et al., 2022
	1-Nonanol	Floral	Yue et al., 2015	<i>Pantoea</i>	Ge et al., 2024
	Etanol	Herbaceo	Goldner et al., 2008	<i>Saccharomyces</i> , <i>Lactobacillus</i> y <i>Streptococcus</i> , <i>Candida</i>	Chen et al., 2020
Ésteres	Acetato de etilo	Frutal, dulce	Yue et al., 2015	<i>Saccharomyces</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Streptococcus</i> y <i>Candida</i>	Chen et al., 2020
	Hexanoato de etilo o Caproato de etilo	Frutal, manzana, plátano, fresa	Ivić et al., 2021; Sáenz-Navajas et al., 2015; Yue et al., 2015	<i>Lactobacillus</i> y <i>Leuconostoc</i>	Lu et al., 2020

	9-decanoato de etilo	Floral, frutal	Wang et al., 2022; Yue et al., 2015	<i>Lactobacillus</i> y <i>Leuconostoc</i>	Wang et al., 2022
	Octanoato de etilo	Dulce, frutal, brandy, manzana, albaricoque, platano, pera	Aznar et al., 2001; Ivić et al., 2021		
	Acetato de isoamilo	Frutal, platano	Sáenz-Navajas et al., 2015; Yue et al., 2015	<i>Lactobacillus</i> , <i>Streptococcus</i> y <i>Leuconostoc</i>	Chen et al., 2020; Wang et al., 2022
Cetonas	1-hidroxi-2-butanona			<i>Lactobacillus</i> y <i>Leuconostoc</i>	Ge et al., 2024
	Ácido propanoico	Frutal, ácido, floral	Ferreira et al., 2002		
	Ácido acético	Vinagre	Aznar et al., 2001; Ivić et al., 2021	<i>Leuconostoc</i>	Osborne et al., 200
Ácidos carboxílicos	Ácido decanoico	Grasa, seco, madera, hierbas	Ge et al., 2024; Ivić et al., 2021; Yue et al., 2015	<i>Pseudomonas</i> , <i>Candida</i> , <i>Lactobacillus</i> y <i>Leuconostoc</i>	Chen et al., 2020; Lu et al., 2020; Wang et al., 2022
Furano	Ácido 2-metilbutírico	Frutal, fresa	Aznar et al., 2001		
	Furfural	Floral, frutal, almendrado, dulce	Aznar et al., 2001; Yue et al., 2015		
	Alfa terpineol	Floral, melocoton	Yue et al., 2015		
Terpenos	Linalool	Floral, frutal, dulce, especias	Aznar et al., 2001		

Fuente: Elaboración propia

4.4 Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio describen la diversidad de comunidades microbianas presentes en el mosto de uva Cabernet Sauvignon, así como la variedad de compuestos volátiles presentes en el vino terminado de la misma variedad. Estos hallazgos sugieren una posible relación entre los microorganismos y los compuestos volátiles, destacando su papel fundamental en la expresión de atributos sensoriales, especialmente en el aroma del vino.

En mosto de uva Cabernet Sauvignon se identificaron cuatro filos de procariotas: *Firmicutes*, *Proteobacterias*, *Actinobacterias* y *Bacteroidetes*, así como un filo de eucariotas: *Ascomycota*. De estos, *Firmicutes* fue el filo de mayor abundancia en tres de las muestras analizadas: Casa Madero, Rivero González y UTP. También se encontraron 11 géneros de bacterias y 2 géneros de hongos, asociados principalmente a la fermentación maloláctica, donde contribuyen

significativamente a la generación de compuestos volátiles. Esta distribución diferencial de filos, tanto procariotas como eucariotas sugiere la existencia de variaciones en las comunidades microbianas entre las diferentes muestras analizadas, posiblemente debido a factores ambientales, de manejo o características propias de cada ubicación.

Además, se identificaron un total 122 compuestos volátiles diferentes, entre los cuales destacan ésteres, ácidos carboxílicos, aldehídos, alquenos, alcoholes, cetonas, aminas, terpenos, éteres, tioles, lactonas, compuestos heterocíclicos y lactonas, los cuales son característicos de la variedad Cabernet Sauvignon.

Estos resultados aportan información relevante para mejorar la calidad del vino producido en la región estudiada. Asimismo, contribuyen como base para verificar la autenticidad del vino y prevenir prácticas de adulteración.

4.5 Literatura citada

- Alonso Ugaglia, A., Niklas, B., Rinke, W., Gow, J., & Moscovici, D. (2021). Consumer preferences for certified wines in France: A comparison of sustainable labels. *Wine economics and policy*. <https://doi.org/10.36253/wep-10382>
- Andrews, S. (2010). FastQC A Quality Control Tool for High Throughput Sequence Data. Available at: <http://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc>
- Arcari, S. G., Caliori, V., Sganzerla, M., & Godoy, H. T. (2017). Volatile composition of Merlot red wine and its contribution to the aroma: optimization and validation of analytical method. *Talanta*, 174, 752-766. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.06.074>
- Aznar, M., López, R., Cacho, J. F., & Ferreira, V. (2001). Identification and quantification of impact odorants of aged red wines from Rioja. GC-olfactometry, quantitative GC-MS, and odor evaluation of HPLC fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(6), 2924-2929. <https://doi.org/10.1021/jf001372u>
- Beltrán, A., Ramos, M., Grané, N., Martín, M. L., & Garrigós, M. C. (2011). Monitoring the oxidation of almond oils by HS-SPME-GC-MS and ATR-FTIR: Application of volatile compounds determination to cultivar authenticity. *Food Chemistry*, 126(2), 603-609. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.058>

- Bokulich, N. A., Collins, T. S., Masarweh, C., Allen, G., Heymann, H., Ebeler, S. E., & Mills, D. A. (2016). Associations among wine grape microbiome, metabolome, and fermentation behavior suggest microbial contribution to regional wine characteristics. *mBio*, 7(3). <https://doi.org/10.1128/mBio.00631-16>
- Bokulich, N. A., Thorngate, J. H., Richardson, P. M., & Mills, D. A. (2014). Microbial biogeography of wine grapes is conditioned by cultivar, vintage, and climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(1). <https://doi.org/10.1073/pnas.1317377110>
- Consejo Mexicano Vitivinícola (CVM). (2024). Un país, 11 regiones. Consultado: <https://uvayvino.org.mx/html/vino-mx.php#mapa-regiones>
- Charles, M., Martin, B., Ginies, C., Etievant, P., Coste, G., & Guichard, E. (2000). Potent aroma compounds of two red wine vinegars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(1), 70-77. <https://doi.org/10.1021/jf9905424>
- Charry-Parra, G., Dejesus-Echevarria, M., & Perez, F. J. (2011). Beer volatile analysis: optimization of HS/SPME coupled to GC/MS/FID. *Journal of Food Science*, 76(2), C205-11. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01979.x>
- Chávez-Márquez, A., Gardea, A. A., González-Rios, H., & Vazquez-Moreno, L. (2022). Characterization of Cabernet Sauvignon wines by untargeted HS-SPME GC-QTOF-MS. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(5), 1726. <https://doi.org/10.3390/molecules27051726>
- Chen, Y., Zhang, W., Yi, H., Wang, B., Xiao, J., Zhou, X., Jiankun, X., Jiang, L., & Shi, X. (2020). Microbial community composition and its role in volatile compound formation during the spontaneous fermentation of ice wine made from Vidal grapes. *Process Biochemistry (Barking, London, England)*, 92, 365-377. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.01.027>
- Escalante-Minakata, P., González-Hernández, L., Barba de la Rosa, A.P. y De León-Rodríguez, A. (2006). El mezcal, una mezcla natural de alcoholes y feromonas. *Revista Bebidas de Alfa Editores Técnicos*, 10-18.
- Ferreira, V., Ortín, N., Escudero, A., López, R., & Cacho, J. (2002). Chemical characterization of the aroma of grenache rosé wines: Aroma extract dilution analysis, quantitative determination, and sensory reconstitution studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(14), 4048-4054. <https://doi.org/10.1021/jf0115645>
- García, C. C. M., Jáquez, J. G. R., & Del Carmen Mora Cortés, M. T. (2017). *Uvas, tierra y memoria: Coahuila : raíz de la vitivinicultura en América*.
- Ge, X., Liu, Y., Wang, X., Gao, C., Mu, J., Wang, W., & Wang, J. (2024). Correlations between microbes with volatile compounds and physicochemical indicators of Cabernet Sauvignon wines fermented with different starters. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food*

- Science and Technology*], 198(115918), 115918.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115918>
- Goldner, M. C., Zamora, M. C., Di Leo Lira, P., Gianninoto, H., & Bandoni, A. (2009). Effect of ethanol level in the perception of aroma attributes and the detection of volatile compounds in Red Wine. *Journal of Sensory Studies*, 24(2), 243-257. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459x.2009.00208.x>
- Gómez-Sáez, E. M., Moratalla-López, N., Lorenzo, C., Vergara, H., & Alonso, G. L. (2021). Determination of saffron volatiles by HS-SBSE-GC in flavored cured ham. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(7), 2073. <https://doi.org/10.3390/molecules26072073>
- Ivić, I., Kopjar, M., Jukić, V., Bošnjak, M., Maglica, M., Mesić, J., & Pichler, A. (2021). Aroma profile and chemical composition of reverse osmosis and nanofiltration concentrates of Red Wine Cabernet Sauvignon. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(4), 874. <https://doi.org/10.3390/molecules26040874>
- Kong, C.-L., Li, A.-H., Jin, G.-J., Zhu, X.-L., & Tao, Y.-S. (2019). Evolution of volatile compounds treated with selected non-Saccharomyces extracellular extract during Pinot noir winemaking in monsoon climate. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 119, 177-186. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.036>
- Lappa, I. K., Kachrimanidou, V., Pateraki, C., Koulougliotis, D., Eriotou, E., & Kopsahelis, N. (2020). Indigenous yeasts: emerging trends and challenges in winemaking. *Current Opinion in Food Science*, 32, 133-143. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.04.004>
- Lee, J., Xiao, L., Zhang, G., Ebeler, S. E., & Mitchell, A. E. (2014). Influence of storage on volatile profiles in roasted almonds (*Prunus dulcis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(46), 11236-11245. <https://doi.org/10.1021/jf503817g>
- Li, C. X., Zhao, X. H., Zuo, W. F., Zhang, T. L., Zhang, Z. Y., & Chen, X. S. (2020). The effects of simultaneous and sequential inoculation of yeast and autochthonous *Oenococcus oeni* on the chemical composition of red-fleshed apple cider. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 124(109184), 109184. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109184>
- Li, F., Wang, S., Dong, R., Qian, D., Shi, M., Gao, C., Liu, M., & Zhang, Z. (2024). Effects of 'Cabernet Sauvignon' grape fruit maturity on aroma substances and sensory characteristics of wine. *Food and Fermentation Industries*, 50(10), 244-251. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.036428>
- Liu, D., Zhang, P., Chen, D., & Howell, K. (2019). From the vineyard to the winery: How microbial ecology drives regional distinctiveness of wine. *Frontiers in microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02679>

- Liu, P.-T., Lu, L., Duan, C.-Q., & Yan, G.-L. (2016). The contribution of indigenous non-Saccharomyces wine yeast to improved aromatic quality of Cabernet Sauvignon wines by spontaneous fermentation. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 71, 356-363. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.031>
- Liu, S. P., Mao, J., Liu, Y. Y., Meng, X. Y., Ji, Z. W., Zhou, Z. L., & Ai-lati, A. (2015). Bacterial succession and the dynamics of volatile compounds during the fermentation of Chinese rice wine from Shaoxing region. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 31(12), 1907-1921. <https://doi.org/10.1007/s11274-015-1931-1>
- Lu, Y., Sun, F., Wang, W., Liu, Y., Wang, J., Sun, J., Mu, J., & Gao, Z. (2020). Effects of spontaneous fermentation on the microorganisms diversity and volatile compounds during ‘Marselan’ from grape to wine. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 134(110193), 110193. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110193>
- Maicas, S. (2021). Advances in wine fermentation. *Fermentation*, 7(3), 187. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030187>
- Makoś, P., Przyjazny, A., & Boczkaj, G. (2019). Methods of assaying volatile oxygenated organic compounds in effluent samples by gas chromatography—A review. *Journal of Chromatography A*, 1592, 143-160. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.01.045>
- Morrison-Whittle, P., & Goddard, M. R. (2015). Quantifying the relative roles of selective and neutral processes in defining eukaryotic microbial communities. *The ISME Journal*, 9(9), 2003-2011. <https://doi.org/10.1038/ismej.2015.18>
- Nordvi, B., Langsrud, Ø., Egelanddal, B., Slinde, E., Vogt, G., Gutierrez, M., & Olsen, E. (2007). Characterization of volatile compounds in a fermented and dried fish product during cold storage. *Journal of Food Science*, 72(6), S373-80. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00421.x>
- OIV. (2010). Definición de “terroir” vitivinícola. Resolución OIV/VITI 333/2010. International Organisation of Vine and Wine. Recuperado de <https://www.oiv.int>
- OIV. (2024). International code of oenological practices. International Organisation of Vine and Wine.
- Osborne, J. P., Mira de Orduña, R., Pilone, G. J., & Liu, S. Q. (2000). Acetaldehyde metabolism by wine lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Letters*, 191(1), 51-55. [https://doi.org/10.1016/s0378-1097\(00\)00369-4](https://doi.org/10.1016/s0378-1097(00)00369-4)
- Pinto, C., Pinho, D., Cardoso, R., Custódio, V., Fernandes, J., Sousa, S., Pinheiro, M., Egas, C., & Gomes, A. C. (2015). Wine fermentation microbiome: a landscape from different Portuguese wine appellations. *Frontiers in microbiology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00905>

- Popîrdă, A., Luchian, C. E., Cotea, V. V., Colibaba, L. C., Scutarașu, E. C., & Toader, A. M. (2021). A review of representative methods used in wine authentication. *Agriculture*, 11(3), 225. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030225>
- Ranaweera, R. K. R., Gilmore, A. M., Capone, D. L., Bastian, S. E. P., & Jeffery, D. W. (2021). Authentication of the geographical origin of Australian Cabernet Sauvignon wines using spectrofluorometric and multi-element analyses with multivariate statistical modelling. *Food Chemistry*, 335(127592), 127592. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127592>
- Sáenz-Navajas, M.-P., Avizcuri, J.-M., Ballester, J., Fernández-Zurbano, P., Ferreira, V., Peyron, D., & Valentin, D. (2015). Sensory-active compounds influencing wine experts' and consumers' perception of red wine intrinsic quality. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 60(1), 400-411. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.026>
- Segata, N., Waldron, L., Ballarini, A., Narasimhan, V., Jousson, O., & Huttenhower, C. (2012). Metagenomic microbial community profiling using unique clade-specific marker genes. *Nature Methods*, 9(8), 811-814. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2066>
- Slaghenaufi, D., Guardini, S., Tedeschi, R., & Ugliano, M. (2019). Volatile terpenoids, norisoprenoids and benzenoids as markers of fine scale vineyard segmentation for Corvina grapes and wines. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 125(108507), 108507. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108507>
- Slaghenaufi, D., Luzzini, G., Borgato, M., Boscaini, A., Dal Cin, A., Zandonà, V., & Ugliano, M. (2023). Characterization of the aroma profile of commercial Prosecco sparkling wines. *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*, 13(6), 3609. <https://doi.org/10.3390/app13063609>
- Slaghenaufi, D., Peruch, E., De Cosmi, M., Novelet, L., & Ugliano, M. (2021). Volatile and phenolic composition of monovarietal red wines of Valpolicella appellations. *OENO One*, 55(1), 279-294. <https://doi.org/10.20870/oenone.2021.55.1.3865>
- Song, X., Ling, M., Li, D., Zhu, B., Shi, Y., Duan, C., & Lan, Y. (2022). Volatile profiles and sensory characteristics of Cabernet Sauvignon dry red wines in the sub-regions of the Eastern Foothills of Ningxia Helan Mountain in China. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(24), 8817. <https://doi.org/10.3390/molecules27248817>
- Song, X., Yang, W., Qian, X., Zhang, X., Ling, M., Yang, L., Shi, Y., Duan, C., & Lan, Y. (2023). Comparison of chemical and sensory profiles between Cabernet Sauvignon and Marselan dry red wines in China. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(5), 1110. <https://doi.org/10.3390/foods12051110>
- Starowicz, M., Koutsidis, G., & Zieliński, H. (2019). Determination of antioxidant capacity, phenolics and volatile Maillard reaction products in rye-

- buckwheat biscuits supplemented with 3 β -D-rutinoside. *Molecules* (Basel, Switzerland), 24(5), 982. <https://doi.org/10.3390/molecules24050982>
- Stój, A., Czernecki, T., & Domagała, D. (2023). Authentication of Polish red wines produced from Zweigelt and Rondo grape varieties based on volatile compounds analysis in combination with machine learning algorithms: Hotrienol as a marker of the Zweigelt variety. *Molecules* (Basel, Switzerland), 28(4), 1961. <https://doi.org/10.3390/molecules28041961>
- Stój, A., Czernecki, T., Sosnowska, B., Niemczynowicz, A., & Matwijczuk, A. (2022). Impact of grape variety, yeast and malolactic fermentation on volatile compounds and Fourier transform infrared spectra in red wines. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 38-55. <https://doi.org/10.31883/pjfn/145665>
- Tang, K., Xi, Y.-R., Ma, Y., Zhang, H.-N., & Xu, Y. (2019). Chemical and sensory characterization of Cabernet Sauvignon wines from the Chinese Loess Plateau region. *Molecules* (Basel, Switzerland), 24(6), 1122. <https://doi.org/10.3390/molecules24061122>
- Tristezza, M., di Feo, L., Tufariello, M., Grieco, F., Capozzi, V., Spano, G., Mita, G., & Grieco, F. (2016). Simultaneous inoculation of yeasts and lactic acid bacteria: Effects on fermentation dynamics and chemical composition of Negroamaro wine. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 66, 406-412. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.064>
- Valdés Castro, Y. R., Valdivia Alcalá, R., Pérez Armendáriz, B., & Mayett Moreno, Y. (2021). Experimentos de elección: preferencias declaradas de alimentos orgánicos para una política de inocuidad alimentaria. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 18(1), 1-24. <https://doi.org/10.22231/asyd.v18i1.1424>
- Vázquez-Eloarza, A., Sánchez-Osorio, E., García, A., y Pérez, N. (2022). La industria mexicana en el siglo XXI: retos económicos, sociales y ambientales. D.R. Ed. Guadalajara
- Wang, C.-Y., Chen, Y.-W., & Hou, C.-Y. (2019). Antioxidant and antibacterial activity of seven predominant terpenoids. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 230-238. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1582541>
- Wang, M., Wang, J., Chen, J., Philipp, C., Zhao, X., Wang, J., Liu, Y., & Suo, R. (2022). Effect of commercial yeast starter cultures on Cabernet Sauvignon wine aroma compounds and Microbiota. *Foods* (Basel, Switzerland), 11(12), 1725. <https://doi.org/10.3390/foods11121725>
- Xu, D., Zhang, H., Xi, J., Jin, Y., Chen, Y., Guo, L., Jin, Z., & Xu, X. (2020). Improving bread aroma using low-temperature sourdough fermentation. *Food Bioscience*, 37(100704), 100704. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100704>

- Yue, T.-X., Chi, M., Song, C.-Z., Liu, M.-Y., Meng, J.-F., Zhang, Z.-W., & Li, M.-H. (2015). Aroma characterization of Cabernet Sauvignon wine from the plateau of Yunnan (China) with different altitudes using SPME-GC/MS. *International Journal of Food Properties*, 18(7), 1584-1596. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.923442>
- Zang, X., Du, Q., Qu, R., Ye, D., Lu, Y., & Liu, Y. (2022). Analysis of volatile aroma compounds and sensory characteristics contributing to regional style of red wines from Hexi Corridor based on sixteen grape varieties/clones. *Fermentation*, 8(10), 501. <https://doi.org/10.3390/fermentation8100501>
- Zarraonaindia, I., Owens, S. M., Weisenhorn, P., West, K., Hampton-Marcell, J., Lax, S., Bokulich, N. A., Mills, D. A., Martin, G., Taghavi, S., van der Lelie, D., & Gilbert, J. A. (2015). The soil microbiome influences grapevine-associated Microbiota. *mBio*, 6(2). <https://doi.org/10.1128/mbio.02527-14>
- Zhang, L., Liu, Q., Li, Y., Liu, S., Tu, Q., & Yuan, C. (2023). Characterization of wine volatile compounds from different regions and varieties by HS-SPME/GC-MS coupled with chemometrics. *Current Research in Food Science*, 6(100418), 100418. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.100418>
- Zhang, Z., Zhang, Q., Yang, H., Sun, L., Xia, H., Sun, W., Wang, Z., & Zhang, J. (2022). Bacterial communities related to aroma formation during spontaneous fermentation of 'Cabernet Sauvignon' wine in Ningxia, China. *Foods* (Basel, Switzerland), 11(18), 2775. <https://doi.org/10.3390/foods11182775>

5 ATRIBUTOS DE VALORACIÓN Y DISPOSICIÓN A PAGAR EN VINO TINTO MEXICANO MEDIANTE EXPERIMENTOS DE ELECCIÓN DISCRETA

RESUMEN

Las preferencias de consumo han sido ampliamente estudiadas, con la finalidad de comprender las percepciones de los consumidores, principalmente en un producto tan complejo como es el vino. Los consumidores se enfrentan a una decisión difícil al momento de comprar este producto, puesto que se encuentran ante una gran variedad de vinos con distintos atributos intrínsecos y extrínsecos. El objetivo principal de esta investigación es conocer los atributos que influyen en la compra de un vino por parte de los consumidores mexicanos. Se utilizó el método de Experimentos de Elección Discreta (EED), en el cual se crearon 18 tarjetas con combinaciones de 6 atributos, utilizando el diseño ortogonal. En total, se obtuvieron 300 respuestas válidas por parte de consumidores mexicanos. Los resultados obtenidos mediante el Modelo Logit Multinomial (MNL) revelan que los consumidores se ven influenciados por los atributos con los que cuenta el vino, principalmente por la variedad de uva, certificaciones, precio y origen. La Disposición a Pagar (DAP) resultó tener un efecto positivo en vinos que son elaborados de forma artesanal y vinos jóvenes. Estos hallazgos brindan información valiosa para los productores y vendedores de vino, ayudándolos a desarrollar estrategias de marketing eficaces.

Palabras clave: Experimentos de Elección Discreta, consumidores mexicanos, Modelo Logit Multinomial, preferencias de consumo, vino.

VALUATION ATTRIBUTES AND WILLINGNESS TO PAY IN MEXICAN RED WINE THROUGH DISCRETE CHOICE EXPERIMENTS

ABSTRACT

Consumption preferences have been widely studied to understand consumer perceptions, especially for a product as complex as wine. Consumers face a difficult decision when buying wine, as they encounter a wide variety of wines with different intrinsic and extrinsic attributes. The main objective of this research is to identify the attributes that influence the purchase of wine by Mexican consumers. The Discrete Choice Experiment (DCE) method was used, in which 18 cards with combinations of 6 attributes were created using an orthogonal design. A total of 300 valid responses were obtained from Mexican consumers. The results obtained through the Multinomial Logit Model (MNL) reveal that consumers are influenced by the attributes of the wine, mainly grape variety, certifications, price, and origin. Willingness to Pay (WTP) was found to have a positive effect on wines that are handcrafted and young wines. These findings provide valuable information for wine producers and sellers, helping them develop effective marketing strategies.

Key words: Discrete Choice Experiments, Mexican consumers, Multinomial Logit Model, consumption preferences, wine.

5.1 Introducción

México ha experimentado un notable crecimiento en el consumo de vino, registrando un aumento del 22 % en la última década. En 2010, se consumieron 614 hectolitros, mientras que, en 2021, esta cifra ascendió a un millón de hectolitros. Ese mismo año, el consumo per cápita alcanzó los 1.1 litros per cápita (Organización Internacional de la Viña y el Vino [OIV], 2021). Sin embargo, estas cifras no solo revelan el aumento de consumo, sino también de consumidores (Sánchez-Vega et al., 2023).

Los estudios científicos enfocados al consumidor han aumentado considerablemente en los últimos años, principalmente debido al papel que juega dentro de la industria vinícola (Sánchez-Vega et al., 2023). Las investigaciones van enfocadas al entendimiento del consumidor al momento de compra, patrones de consumo, ocasiones de compra y motivos de compra (Boncinelli *et al.*, 2019). El elegir una botella de vino, es una tarea complicada para el consumidor, puesto que el vino es uno de los productos más complejos y diferenciados en el mercado (Ferreira, Lourenço-Gomes y Pinto, 2021; Visalli et al., 2023), por lo tanto, el consumidor se presenta ante una gran variedad de vinos con diferentes características intrínsecas, tales como, sabor, aroma, color, grado alcohólico; y extrínsecas como, precio, medallas, marca, origen, certificaciones, etc. (Boncinelli et al., 2019; Ferreira, Lourenço-Gomes y Costa-Pinto, 2021; Gonçalves, Costa-Pinto y Lourenço-Gomes, 2019). Además, debido a la amplia variabilidad del vino y la falta de experiencia de los consumidores, éstos se ven obligados a tomar decisiones de compra basándose únicamente en la información proporcionada en la etiqueta (Escobar, Kallas y Gil, 2018; Gonçalves, Costa-Pinto y Lourenço-Gomes, 2019; Tang, Tchetchik y Cohen, 2015).

Las metodologías utilizadas con mayor frecuencia para evaluar el comportamiento de los consumidores son los métodos de preferencias declaradas (PD) (Hossain, Saqib y Haq, 2018). En estos métodos se desarrollan preguntas enfocadas al consumidor para establecer sus preferencias sobre escenarios hipotéticos alternativos (bienes o servicios).

Los métodos principales se basan en Valoración Contingente (VC) y Valoración multi-atributo. Dentro de este último se encuentran aquellos métodos basados en preferencias (análisis conjunto); puntuación contingente y comparaciones pareadas y los basados en elección (modelos de elección); *ordenación* contingente y Experimentos de Elección Discreta (EED) (Tudela-Mamani y Leos-Rodríguez, 2018).

Los EED son métodos utilizados ampliamente durante los últimos años como herramienta de valoración de no mercado, ha sido aplicado en numerosas investigaciones enfocados en salud (Banovic et al., 2019; Clark et al., 2014; García-Peña, Vries y Buitrago-Gutiérrez, 2022), medio ambiente (Alfranca, 2020; Melo et al., 2020; Tang y Zhang, 2016), alimentos (Alonso-Ugaglia et al., 2021; Carlucci et al., 2015; Valdés-Castro et al., 2021) y transporte (González et al., 2018; Jensen, Cherchi Mabit, 2013), por mencionar algunos. Además, los EED permiten incluir nuevos productos o atributos que no existen en el mercado real, y para los cuales no hay datos disponibles. La Disposición a Pagar (DAP) también puede ser evaluada por los EED, esto para los atributos cuando se incluye un atributo de costo, siendo útil para el análisis de costo-beneficio (Cantillo, Martín y Román, 2020).

Los EED combinan la teoría de la utilidad aleatoria (RUT) (Alamri, Stelios y Stella, 2023), la teoría del consumidor y la teoría del diseño experimental, para estimar las preferencias de los individuos por diferentes atributos de un bien o servicio (Lancaster, 1966). Esta técnica consiste en presentar a los encuestados un conjunto de opciones hipotéticas, cada una descrita por un conjunto de características, y pedirles que elijan la que más les gusta o por la que estarían dispuestos a pagar más (Alfranca, 2020; Tang y Zhang, 2015). Los EED pueden

constar de tres etapas; 1) definición de atributos y niveles, 2) diseño experimental, y 3) desarrollo y administración de encuesta (Melo et al., 2020; Tang y Zhang, 2015).

El propósito de este estudio fue examinar las preferencias de consumidores mexicanos en vino tinto, utilizando la metodología de experimentos de elección discreta. Además, determinar si la información socioeconómica y de frecuencia de consumo son factores influyentes en las decisiones de elección de los consumidores, aplicando el Modelo Econométrico Logit Multinomial (MNL).

5.2 Materiales y métodos

5.2.1 Población objetivo

Se empleó una muestra de 300 consumidores de vino mayores de 18 años. Para una población infinita, se asumió la máxima varianza, con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 7 % (Martínez-García y Martínez-Caro, 2008). A los consumidores se les administró una encuesta generada a través de Formularios de Google, la cual se difundió a través de redes sociales, utilizando un muestreo no probabilístico, con el fin de alcanzar a un mayor número de personas.

5.2.2 Generación de atributos y niveles

La generación de los atributos y niveles se realizó mediante una revisión de literatura, seleccionando los atributos más relevantes dentro de las investigaciones. Estos se detallan en el Cuadro 5, junto con sus respectivos niveles.

Cuadro 5. Atributos y niveles utilizados en experimentos de elección discreta.

Atributos	Niveles
Variedad	Cabernet Sauvignon Merlot Shiraz Joven
Tipo de vino	Crianza Reserva

Origen	México
	España
	Chile
Tipo de producción	Artesanal
	Industrial
Certificaciones	Denominación de Origen
	Indicación Geográfica
	Marca Colectiva
Precio	400
	600
	700

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Diseño estadístico experimental

Considerando las variables y niveles del Cuadro 5, se tuvo un total de 486 combinaciones ($3^5 \times 2^1$), sin embargo, al ser un número muy grande, se optó por realizar un diseño ortogonal, mediante el software IBM SPSS Statistics (Versión 27), con la finalidad de obtener combinaciones óptimas que minimizaran la correlación entre los atributos, lo cual permitió reducir el número de conjuntos de elección a 18 tarjetas (Cuadro 6), las cuales se aleatorizaron mediante Minitab (Versión 19), y se obtuvieron 9 combinaciones entre tarjetas.

Cuadro 6. Combinaciones empleadas en experimentos de elección discreta.

ID de tarjeta	Variedad de uva	Tipo de vino	País de origen	Proceso de producción	Certificaciones	Precio por botella
1	Shiraz	Reserva	Chile	Artesanal	Denominación de Origen	700
2	Cabernet Sauvignon	Crianza	Chile	Convencional	Marca Colectiva	700
3	Merlot	Reserva	México	Artesanal	Marca Colectiva	600
4	Shiraz	Crianza	México	Artesanal	Indicación Geográfica	600
5	Merlot	Crianza	España	Artesanal	Indicación Geográfica	700
6	Merlot	Joven	Chile	Convencional	Indicación Geográfica	600
7	Cabernet Sauvignon	Crianza	Chile	Artesanal	Denominación de Origen	600
8	Shiraz	Reserva	Chile	Artesanal	Indicación Geográfica	400

9	Cabernet Sauvignon	Joven	México	Artesanal	Indicación Geográfica	700
10	Cabernet Sauvignon	Reserva	España	Convencional	Indicación Geográfica	400
11	Merlot	Joven	Chile	Artesanal	Marca Colectiva	400
12	Shiraz	Joven	España	Artesanal	Marca Colectiva	700
13	Merlot	Reserva	México	Convencional	Denominación de Origen	700
14	Shiraz	Joven	España	Convencional	Denominación de Origen	600
15	Cabernet Sauvignon	Reserva	España	Artesanal	Marca Colectiva	600
16	Merlot	Crianza	España	Artesanal	Denominación de Origen	400
17	Shiraz	Crianza	México	Convencional	Marca Colectiva	400
18	Cabernet Sauvignon	Joven	México	Artesanal	Denominación de Origen	400

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Diseño de encuesta

La encuesta se dividió en tres secciones. En primer lugar, se preguntó a los consumidores datos sociodemográficos destacando género, edad, ingreso mensual y escolaridad. En el segundo apartado, se preguntó a los consumidores sobre sus comportamientos de consumo de vino tinto: frecuencia de consumo, número de botellas compradas al mes y cómo se considera para el consumo de vino (indiferente o entusiasta). La tercera sección consistió en presentar las opciones de vino generadas en el diseño experimental, presentados en forma de botella de vino (Figura 11), teniendo dos variables constantes: volumen (750 mL) y porcentaje de alcohol (13.9 %). Se añadió la opción “Ninguna” con la finalidad de dar cabida a que ninguna de las opciones cumpliera con los requisitos de compra por parte del consumidor.



Figura 11. Ejemplo de conjunto de opciones de compra de vino.
Fuente: Elaboración propia.

5.3 Análisis estadístico

Los datos de elección se analizaron utilizando el Modelo Logit Multinomial (MNL), un modelo probabilístico que busca la relación existente entre la probabilidad de seleccionar cada una de las alternativas generadas con los atributos de esas alternativas y con las características de los individuos. La codificación de datos se realizó utilizando la codificación *dummy* (Melo et al., 2020). El análisis de datos se realizó mediante el software XLSTAT Versión 19 (Addinsoft, 2019).

5.4 Resultados y discusión

Descripción de la muestra: datos socioeconómicos y de consumo

Las características sociodemográficas de los consumidores encuestados se muestran en Cuadro 7. La encuesta fue respondida por 55.3 % mujeres y el 44.6 % hombres, la edad fue agrupada en cuatro categorías, donde el 47 % tuvo entre 25 y 34 años, seguido del 27 % con una edad entre 35 y 49 años, el 14 % fueron de 18 a 24 años y por último el 11 % mayor a 50 años. El 60 % de los encuestados fueron aquellos con estudios superiores (licenciatura), el 30 % con un posgrado y el 10 % restante se divide entre los que mencionaron tener educación básica

(primaria y secundaria) y media superior. En cuanto al ingreso mensual, el 37 % percibía un ingreso mayor a \$20, 000. 00

La frecuencia de consumo por mes por parte de los encuestados fue agrupada en cuatro categorías, el 66 % lo consume de 1 a 3 veces por mes, considerados como consumidores esporádicos; el 21.3 % consume vino de 4 a 6 veces, conocidos como consumidores ocasionales; el 10 % consume más de 7 veces por mes y por último el 2.67 % consume vino todos los días, estos dos últimos se consideran consumidores habituales o regulares, de acuerdo con las categorías mencionadas por EAE School of Business (2017). Los encuestados con un consumo de vino de 1 a 3 veces por mes puede indicar que son nuevos consumidores de este producto, mientras que los encuestados que consumen más de 7 veces o a diario son personas que cuentan con más conocimiento sobre el producto.

Los hábitos de consumo de acuerdo con las características sociodemográficas se presentan en la Cuadro 8, en ella se aprecia que la mayor parte de los encuestados hombres (92.77 %) consumen de 0 a 4 botellas de vino por mes, mientras que el consumo de la mayoría de las mujeres (49.25 %) se concentra en 0 a 1 botella de vino por mes.

Cuadro 7. Características sociodemográficas y de consumo.

Variable	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Género	Masculino	134	44.67
	Femenino	166	55.33
Edad	18-24	42	14
	25-34	142	47.33
	35-49	81	27
	> 50	35	11.67
Escolaridad	Básica	6	2
	Media superior	22	7.33
	Superior	181	60.33
	Posgrado	91	30.33
Ingresos	0 - \$5,999	33	11
	\$6,000 -		
	\$10,000	58	19.33

	\$11, 000 -\$15, 000	63	21
	\$16,000 - \$19,000	35	11.67
	>\$20,000	111	37
Frecuencia de consumo por mes	1 a 3	198	66
	4 a 6	64	21.33
	>7	30	10
	Diario	8	2.67

Fuente: Elaboración propia con resultados de encuestas.

Por otro lado, en tres categorías de edad predominó el consumo de 0 a 1 botella por mes: 18-24 años (71.43 %), 25-34 (56.54 %) y >50 (34.29 %); mientras que para el rango 35-49 años (58.02 %) consumen más de 2 a 4 botellas al mes, para el caso de categorías de 35 a 49 años y los mayores a 50 años resultaron ser las personas que consumen mayor cantidad de vino (>7 botellas por mes) con un 7.41 y 20 % respectivamente. En cuanto al nivel de estudios, el 100 % de las personas con una escolaridad básica tuvieron el menor consumo, con una cantidad de 0 a 1 botella por mes, al igual que las personas que cuentan con escolaridad media superior y superior (68.18 y 54.7 % respectivamente), mientras que las personas con una escolaridad de posgrado la mayoría de ellos su consumo se concentró de 2 a 4 botellas por mes con un 56.04 %, el 9.89 % de las personas con estudios de posgrado son las que más consumen vino (> 7 botellas al mes). Finalmente, en cuanto al ingreso mensual, las personas con ingreso superior a los \$20,000 resultaron ser las que más consumen vino (>7 botellas), mientras que las personas con un ingreso entre 0 a \$5,999 y \$6,000 a \$15,000 son las que menos consumen, centrándose su consumo de 0 a 1 botella mensual.

Cuadro 8. Hábito de consumo por característica sociodemográfica.

Variable	Categoría	Consumo por mes (botellas)			
		0 a 1	2 a 4	5 a 7	> 7
Género	Masculino	45.2	47.6	3.6	3.6
	Femenino	49.3	36.6	6.7	7.5
Edad	18-24	71.4	28.6	0	0
	25-34	56.3	40.8	0.7	2.1

	35-49	23.5	58	11.1	7.4
	> 50	34.3	31.4	14.3	20
Escolaridad	Básica	100	0	0	0
	Media superior	68.2	22.7	0	9.1
	Superior	54.7	39.8	2.8	2.8
	Posgrado	23.1	56.0	11.0	9.9
Ingresos	0 - \$5,999	72.7	24.2	0	3
	\$6,000 - \$10,000	65.5	31	1.7	1.7
	\$11, 000 - \$15, 000	50.8	49.2	0	0
	\$16,000 - \$19,000	31.4	62.9	5.7	0
	>\$20,000	32.4	44.1	10.8	12.6

Fuente: Elaboración propia con resultados de encuestas.

5.4.1 Análisis econométrico

El Cuadro 9 muestra los coeficientes estandarizados, error estándar y las estadísticas de bondad resultantes de la regresión MNL, para los atributos estudiados. Los niveles reserva, Chile, industrial, Marca Colectiva (MC) y \$700 fueron eliminadas al presentar multicolinealidad. Los coeficientes obtenidos resultaron ser estadísticamente diferentes de cero, lo que confirma que los atributos considerados en el diseño si afectaron la elección del vino (Dominici et al., 2019). Las tres variedades de uva, tipo de vino (Crianza), los países de origen (México y España), las certificaciones (DO e IG) y el precio (\$400) resultaron ser estadísticamente significativos. Los coeficientes positivos y los valores de Wald sugieren que la variedad de uva es el atributo más importante para los consumidores, sin embargo, la variedad Cabernet Sauvignon presentó un valor mayor, lo cual indica que tiene mayor preferencia, al igual que lo reportado por Corsi, Mueller y Lockshin (2012), quienes también determinaron que la variedad de uva es un elemento clave en la elección de vino, sin embargo, en los resultados se muestra que las variedades Merlot y Shiraz fueron las más preferidas, seguidas de una mezcla de Cabernet Sauvignon-Shiraz y Cabernet Sauvignon, contrario a lo encontrado en este estudio.

En el caso del país de origen, los consumidores optaron por los vinos mexicanos y españoles. A pesar de que tanto DO e IG resultaron con valores positivo, los consumidores prefirieron los vinos con DO, esto al presentar el coeficiente mayor positivo. Por último, los consumidores solo prefirieron aquellos vinos que tuvieran un costo de \$400, puesto que el coeficiente es positivo y además resulta estadísticamente significativo, indicando que para el consumidor la utilidad del vino aumenta cuando el precio es menor (Dominici et al., 2019).

La preferencia por los vinos mexicanos y españoles, así como por aquellos que cuentan con DO e IG, podría ser un indicio de que los consumidores asocian estos atributos con la calidad del producto, tal como lo informan y Dominici et al., (2019) y Tait et al., 2019, quienes determinaron que la región de origen es el atributo que desencadena el proceso de elección de un vino, mientras que la DO e IG al obtener coeficientes positivos demuestra que hay una utilidad cada vez mayor de estas características entre los clientes.

Para la DAP, los niveles joven y artesanal resultaron ser positivos, indicando que, si el vino cuenta con una de estas dos características, el consumidor está dispuesto a pagar un sobre precio al ya establecido. El proceso de producción en los alimentos resulta ser un atributo por el cual los consumidores presentan gran interés, puesto que estos son influenciados psicológicamente y afectan la percepción del producto y de su calidad (Scozzafava et al., 2016; Dominici et al., 2019). De acuerdo con Abouab y Gomez (2015), los consumidores toman en cuenta las etapas de producción del vino, ya que consideran que los métodos hechos a mano preservan más la naturalidad del producto que los vinos en los cuales hay una mayor intervención de las máquinas.

Cuadro 9. Resultados econométricos.

Fuente	Coefficiente estandarizado	Error estándar	Chi-cuadrado de Wald	Pr > Chi²	Disposición a pagar
Cabernet	0.313	0.027	134.643	< 0.0001*	-3.487
Merlot	0.244	0.028	76.480	< 0.0001*	-2.717
Shiraz	0.243	0.028	75.764	< 0.0001*	-2.709
Joven	-0.027	0.016	2.927	0.087	0.303
Crianza	0.056	0.016	12.318	0.0004*	-0.620
México	0.144	0.016	80.398	< 0.0001*	-1.609
España	0.121	0.016	55.766	< 0.0001*	-1.351
Artesanal	-0.001	0.016	0.003	0.957	0.010
DO	0.111	0.016	47.674	< 0.0001*	-1.237
IG	0.063	0.016	15.779	< 0.0001*	-0.700
400	0.090	0.015	33.608	< 0.0001*	-1.000
Estadísticas de bondad de ajuste					
-2 Log (Verosimilitud)	8952.993				
R²(McFadden)	0.131				
*significativo a $p \leq 0.05$					

Fuente: Elaboración propia.

5.5 Conclusiones

El consumo de vino en México resultó estar relacionado significativamente con los atributos extrínsecos (origen, DO, IG y precio) e intrínsecos (variedad y tipo de vino). La variedad de uva resultó ser el atributo catalogado con mayor importancia por parte del encuestado. Este estudio ha encontrado que los consumidores prefieren el vino mexicano a vinos importados, abriendo una brecha que debería ser aprovechada por los vinicultores.

Otro aspecto relevante que destacó en esta investigación es la gran importancia que los encuestados les atribuyen a las certificaciones (DO e IG), puesto que investigaciones realizadas con anterioridad revelan que los consumidores asocian este tipo de certificaciones con la calidad del producto. Por ello, conocer los atributos que son relevantes para los consumidores al momento de elegir un vino es un factor clave y decisivo para la industria, principalmente para los productores, puesto que, este tipo de información los ayuda a realizar estrategias de marketing, además de centrarse en la producción de vinos de alta calidad y la

obtención de certificaciones como la orgánica, la cual puede ayudarlos a tener mayor competitividad dentro del mercado, principalmente en esta industria que en México está en crecimiento.

Este estudio ha demostrado que efectivamente existen diferencias en la preferencia por los vinos tintos en México y cómo es que los atributos intrínsecos y extrínsecos influyen de forma positiva o negativa en la decisión de compra por parte de los consumidores.

5.6 Literatura citada

Abouab, N., y Gomez, P. (2015). Human contact imagined during the production process increases food naturalness perceptions. *Appetite*, 91, 273-277. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.04.002>

Addinsoft (2019). XLSTAT statistical and data analysis solution. <https://www.xlstat.com>

Alamri, A. S., Stelios, G., y Stella S. (2023). Discrete choice experiments; An overview on constructing *D*-optimal and near-optimal choice sets. *Heliyon*, 9 (7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18256>.

Alfranca, O. (2020). La Valoración del Agua y la aplicación del método de las Preferencias Declaradas: Valoración Contingente vs. Experimentos de Elección. *Agua y territorio*, 15, 101-114. <https://doi.org/10.17561/at.15.4726>

Alonso-Ugaglia, A., Niklas, B., Rinke, W., Moscovici, D., Gow, J., Valenzuela, L., & Mihailescu, R. (2021). Consumer preferences for certified wines in France: A comparison of sustainable labels. *Wine Economics and Policy*, 10(2), 75–86. <https://doi.org/10.36253/wep-10382>

Andrews, S. (2010). *FastQC A Quality Control Tool for High Throughput Sequence Data*. Available at: <http://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc>

Bagheri, B., Bauer, F. F. and Setati, M. E. (2017). The Impact of *Saccharomyces cerevisiae* on a wine yeast consortium in natural and inoculated fermentations. *Front. Microbiol.* 8:1988. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01988>

Banovic, M., Reinders, M. J., Claret, A., Guerrero, L., y Krystallis, A. (2019). A cross- cultural perspective on impact of health and nutrition claims, country-of-origin and eco-label on consumer choice of new aquaculture

- products. *Food Research International*, 123, 36–47. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.031>.
- Barreiro-Hurlé, J., Colombo, S., y Cantos-Villar, E. (2008). Is there a market for functional wines? Consumer preferences and willingness to pay for resveratrol-enriched red wine. *Food Quality and Preference*, 19, 360–371. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2007.11.004>
- Belda, I., Zarraonaindia, I., Perisin, M., Palacios, A., and Acedo, A. (2017). From vineyard soil to wine fermentation: microbiome approximations to explain the “terroir” concept. *Front. Microbiol.* 8:821. doi: 10.3389/fmicb.2017.00821
- Bokulich, N. A., Collins, T. S., Masarweh, C., Allen, G., Heymann, H., Ebeler, S. E., et al. (2016). Associations among wine grape microbiome, metabolome, and fermentation behavior suggest microbial contribution to regional wine characteristics. *mBio* 7:e00631-16. doi: 10.1128/mBio.00631-16
- Bokulich, N. A., Thorngate, J. H., Richardson, P. M., and Mills, D. A. (2014). Microbial biogeography of wine grapes is conditioned by cultivar, vintage, and climate. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 111, E139–E148. doi: 10.1073/pnas.1317377110
- Boncinelli, F., Dominici, A., Gerini, F., y Marone, E. (2019). Consumers wine preferences according to purchase occasion: Personal consumption and gift-giving. *Food Quality and Preference*, 71, 270–278. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.07.013>
- Cantillo, J., Martín, J. C., y Román, C. (2020). Discrete choice experiments in the analysis of consumers preferences for finfish products: A systematics literature review. *Food Quality Preference*, 84, 103952. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103952>
- Carlucci, D., Nocella, G., De Devitiis, B., Viscecchia, R., Bimbo, F., y Nardone, G. (2015). Consumer purchasing behaviour towards fish and seafood products. Patterns and insights from a sample of international studies. *Appetite*, 84, 212–227. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.10.008>.
- Clark, M., Determann, D., Petrou, S., Moro, D., y de Bekker-Grob, E. (2014). Discrete choice experiments in health economics: A review of the literature. *Pharmacoeconomics*, 32(9), 883–902. <https://doi.org/10.1007/s40273-014-0170-x>.
- Coderoni, S., Perito, M.A., y Cardillo, C. (2017). Consumer behaviour in Italy. Who spends more to buy a Mediterranean Diet? *New Medit*, 16 (2), 38–46.

- Corsi, A. M., Mueller, S., y Lockshin, L. (2012). Let's See What They Have . . . : What Consumers Look for in a Restaurant Wine List. *Cornell Hospitality Quarterly*, 20(10), 1-12. <https://doi.org/10.1177/1938965511428448>
- Crouch, R., Orth, U. R., y Lu, V. N. (2016). For the Love of Country: How Origin-related Affect Influences Consumer Wine Evaluation and Preference. 9th *Academy of wine business research conference*. 313-322.
- Dominici, A., Boncinelli, F., Gerini F., y Marone, E. (2019). Consumer preference for wine from hand-harvested grapes. *British Food Journal*, 122 (8), 2551-2567. <https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2019-0301>
- EAE School of Business (2017), "*Panorama actual y perspectivas del sector vitivinícola*", Madrid.
- Escobar, C., Kallas, Z., y Gil, J. M. (2018). Consumers' wine preferences changing scenario. *British Food Journal*, 120 (1), 18-32. <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2017-0070>
- Ferreira, C., Lourenço-Gomes, L., y Costa-Pinto, L. M. (2021). Region of origin and perceived quality of wine: an assimilation-contrast approach. *Wine Economics and Policy*, 10(1), 57-71. <https://doi.org/10.36253/wep-9418>
- García-Peña, A. A., Vries, E., y Buitrago-Gutiérrez, G. (2022). Experimentos de elección discreta. Diseño, análisis e implementación en la salud. *Revista Colombiana de Cardiología*, 29 (6), 657-662. <https://doi.org/10.24875/RCCAR.2100005>
- Gonçalves, T, Costa-Pinto, L.M., y Lourenço-Gomes, L. (2019). Exploring distinct sources of heterogeneity in discrete choice experiment: An application to wine choice across European consumers. *Economics Letters*, 178, 28-32. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2019.02.019>
- González, R. M., Román, C., Amador, F. J., Rizzi, L. I., de Ortúzar, J. D., Espino, R., Carlo-Martín, J., y Cherchi, E. (2018). Estimating the value of risk reductions for car drivers when pedestrians are involved: A case study in Spain. *Transportation*, 45, 499–521. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9736-0>.
- Green, P. E., y Srinivasan, V. (1978). Conjoint Analysis in Consumer Research: Issues and Outlook. *The Journal of Consumer Research*, 5(2), 103-123.
- Hossain, I., Saqib, N.U., y Haq, M.M. (2018). Scale heterogeneity in discrete choice experiment: An application of generalized mixed logit model in air travel choice. *Economics Letters*, 172, 85-88. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.08.037>
- Jensen, A. F., Cherchi, E., y Mabit, S. L. (2013). On the stability of preferences and attitudes before and after experiencing an electric vehicle.

- Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 25, 24–32.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.07.006>.
- Lancsar, E., Fiebig, D. G., y Hole, A. R. (2017). Discrete Choice Experiments: A Guide to Model Specification, Estimation and Software. *PharmacoEconomics*, 35(7), 697–716. <https://doi.org/10.1007/s40273-017-0506-4>
- Martínez-García, J., & Martínez-Caro, L. (2008). Determinación de la máxima varianza para el cálculo del factor de imprecisión sobre la escala de medida y extensión a diferentes tipos de muestreo. *Psicothema*, 20(2), 311-316.
- Melo, E., Rodríguez, R., Martínez, M. A., Hernández, J., & Razo, R. (2020). Consideraciones básicas para la aplicación de experimentos de elección discreta: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(59). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.676>
- Melo, E., Rodríguez, R., Martínez, M. A., Hernández, J., y Razo, R. (2020). Consideraciones básicas para la aplicación de experimentos de elección discreta: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(59). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.676>
- Sánchez-Vega, L., Esponzoza-Ortega, A., Thomé-Ortiz, H., Rojas-Rivas, E., y Escobar-López, S.Y. (2023). Motivos de consumo de vino de enoturistas del centro de México. *RIVAR*, 10(28), 41-57. <https://doi.org/10.35588/rivar.v10i28.5377>
- Scozzafava, G., Boncinelli, F., Contini, C., Romano, C., Gerini, F., y Casini, L. (2016). Typical vine or international taste: wine consumers' dilemma between beliefs and preferences. *Recent Patents on Food, Nutrition y Agriculture*, 8(1), 31-38. <https://doi.org/10.2174/2212798408666151230114115>.
- Sternes, P., Lee, D., Kutyna, D., y Borneman, A. (2017). A combined meta-barcoding and shotgun metagenomic analysis of spontaneous wine fermentation. *GigaScience*, 6(7), 1-10. <https://doi.org/10.1093/gigascience/gix040>
- Tait, P., Saunders, C., Dalziel, P., Rutherford, P., y Driver, T. (2019). Estimating wine consumer preferences for sustainability attributes: A discrete choice experiment of Californian Sauvignon blanc purchasers. *Journal of Cleaner Production*, 233, 412-420. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.076>
- Tang, C., y Zhang, Y. (2015). Using discrete choice experiments to value preferences for air quality improvement: the case of curbing haze in urban China. *Environmental Planning and Management*. <http://dx.doi.org/10.1080/09640568.2015.1079518>

- Tang, V.C.M., Tchetchik, A., y Cohen, E. (2015). Perception of wine labels by Hong Kong Chinese consumers. *Wine Economics and Policy*, 4, 12-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wep.2015.02.002>
- Tudela-Mamani, J. W., y Leos-Rodríguez, J. A. (2018). Estimation of economic benefits due to improvements in basic sanitation services through choice experiments. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 24(2), 237-250. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.05.037>.
- Valdés-Castro, Y. R., Valdivia Alcalá, R., Pérez Armendáriz, B., & Mayett Moreno, Y. (2021). Experimentos de elección: preferencias declaradas de alimentos orgánicos para una política de inocuidad alimentaria. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 18(1), 1-24. <https://doi.org/10.22231/asyd.v18i1.1424>
- Varela, P., y Ares, G. (2014). *Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling*. CRC Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/b16853>
- Visalli, M., Dubois, M., Schlich, P., Ric, F., Cardebat, J. M., y Georgantzis, N. (2023). Relevance of free comment to describe wine temporal sensory perception: An application with panels varying in culture an expertise. *Food Quality and Preference*, 105, 104785. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104785>
- Zhlilima, E., Imami, D., Bytyqi, N., Canavari, M., Merkaj, E., y Chan, C. (2020). Emerging Consumer Preference for Wine Attributes in a Euro- pean Transition Country – the Case of Kosovo. *Wine Economics and Policy*, 9(1), 63-72. <https://doi.org/10.36253/web-8285>

6 CONCLUSIONES GENERALES

Las etapas y condiciones en las que se lleva a cabo la producción del vino son fundamentales para la obtención de un vino de calidad y con atributos sensoriales únicos, pues de ellos dependen la generación de una gran cantidad de compuestos volátiles responsables del aroma. El proceso de producción en las cuatro vitivinícolas constó de 12 etapas, aunque las bodegas vitivinícolas siguen métodos de producción generalmente similares, se observaron diferencias significativas en la corrección de parámetros claves como el pH y los °Brix, así como en la elección de las levaduras para la fermentación; en el caso de UTP y Rivero González, se utiliza *Saccharomyces bayanus*, lo que contribuye a variaciones sensoriales en los vinos producidos, especialmente en el aroma. Otra diferencia relevante en los procesos fue la implementación de remontados y bazuqueos, los cuales impactan de manera notable en el color y la astringencia del vino.

Mediante el perfil flash, se identificaron seis descriptores sensoriales (sabor a alcohol, sabor dulce, sabor a frutos rojos, sabor amaderado, aroma dulce y aroma amaderado), permitiendo diferenciar los cuatro vinos evaluados. El vino de UTP se destacó por un sabor a alcohol, mientras que los vinos de Rivero González, Casa Madero y Hacienda Florida se caracterizaron por notas a frutos rojos, dulces y amaderadas.

Por otro lado, en el mosto de uva Cabernet Sauvignon se identificaron cuatro filos de procariotas: *Firmicutes*, *Proteobacterias*, *Actinobacterias* y *Bacteroidetes*, así como un filo de eucariotas: *Ascomycota*. De estos, *Firmicutes* fue el filo de mayor abundancia en tres de las muestras analizadas: Casa Madero, Rivero González y UTP.

También se encontraron 11 géneros de bacterias y 2 géneros de hongos, asociados principalmente a la fermentación maloláctica, donde contribuyen significativamente a la generación de compuestos volátiles que contribuyen a aromas a frutos rojos y dulces en el vino, tal y como se encontraron en el perfil descriptivo sensorial.

Además, se identificaron un total 122 compuestos volátiles diferentes, entre los cuales destacan ésteres, ácidos carboxílicos, aldehídos, alquenos, alcoholes, cetonas, aminas, terpenos, éteres, etc. Algunos de los compuestos encontrados fueron acetato de etilo, butirato de etilo, acetato de isoamilo, caproato de etilo, decanoato de etilo, 9 decanoato de etilo, isobutanol y alcohol isoamilico, los cuales son característicos de la variedad Cabernet Sauvignon y que están relacionados con aromas dulces y frutos rojos.

Asimismo, el consumo de vino en México resultó estar relacionado significativamente con los atributos extrínsecos (origen, DO, IG y precio) e intrínsecos (variedad y tipo de vino). La variedad de uva resultó ser el atributo catalogado con mayor importancia por parte del encuestado. Otro aspecto relevante fue la gran importancia que los encuestados les atribuyen a las certificaciones (DO e IG).

La información obtenida en esta investigación puede ser útil para la industria vitivinícola pues puede ayudar a mejorar y destacar los atributos sensoriales de sus productos, diferenciándolos de la competencia y facilitando su entrada a nuevos mercados, además de ayudar en la optimización de sus procesos. Esto no solo fortalecerá la industria vitivinícola, sino que también impulsará el desarrollo económico de la zona, generando empleo, fomentando el enoturismo y promoviendo el reconocimiento de la región conocida como productora de vino de calidad.