



Casa abierta al tiempo  
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**  
**Unidad Iztapalapa**

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Posgrado en Biotecnología

**“Elaboración de vino espumoso y gasificado e identificación de los principales compuestos volátiles que le proporcionen sabor y olor al vino blanco Sauvignon blanc”**

Tesis

Que para obtener el grado de

Maestra en Biotecnología

Presenta:

I. A. Michel Sánchez Aguirre

Matrícula: 2233801433

Correo electrónico: [aguirre.uami@gmail.com](mailto:aguirre.uami@gmail.com)

Director: Dr. José Ramón Verde Calvo

Jurado:

Presidente: Dr. Héctor Bernardo Escalona Buendía

Secretario: Dr. José Mariano García Garibay

Vocal: Dra. Josefa Espitia López

Vocal: Dr. Miguel Ángel Hernández Carapia

Iztapalapa, Ciudad de México a 13 de Noviembre de 2025

La Maestría en Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa está incluida en el Padrón Nacional de Posgrado del Sistema Nacional de Posgrados de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHT) y además cuenta con apoyo del mismo consejo, con el No. de Registro 001465.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa por la grandiosa oportunidad de realizar mis estudios de maestría es una casa de estudios tan prestigiosa.

También de manera especial quiero expresar mis agradecimientos al Dr. José Ramón Verde Calvo por haberme recibido en su grupo de investigación, por ser mi director y por haberme apoyado en cada paso que daba y ayudarme a confiar en el proceso.

Al Dr. Miguel Ángel Hernández Carapia por aceptar ser mi asesor y apoyarme cuando requería esclarecer mis dudas, por esas pláticas que hicieron amenos los días llenos de trabajo y sobre todo por compartir sus conocimientos conmigo.

Al Dr. Héctor Escalona por aceptar ser parte del comité, por sus consejos y sin duda sus revisiones fueron parte clave del proyecto, siempre se aprenden muchas cosas trabajando con usted.

A la Dra. Josefa Espitia López por aceptar ser mi asesora y parte del comité y por todas las amables revisiones de esta tesis hasta el final.

Sin duda agradezco a la Maestra Frida Malpica por acompañarme en este gran reto que fue la maestría, por escucharme en mis momentos felices y por todos sus sabios consejos.

A la Dra. Aurora Pintor Jardines por adoptarme y haberme hecho parte de su grupo, por todas esas pláticas y risas que fueron un apoyo emocional grandioso.

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHT) por la beca otorgada en apoyo a la realización de este trabajo de tesis.

## DEDICATORIAS

A mi mamá le dedico este gran logro porque ha estado en cada etapa importante de mi vida, porque me inspiras a ser mejor y a no rendirme. Te amo mucho.

A Jorge, porque compartimos la misma pasión, por ser mi compañero en esta linda período, por entenderme y motivarme a seguir luchando por mis metas profesionales. I LOVE YOU ♥

Sin su apoyo no habría sobrevivido a traspasar y a los momentos de crisis existenciales así que se lo dedico a ustedes, espero que se sientan orgullosos de lo que he logrado.

# Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>2</b>
2.1 UVA ( <i>VITIS</i> ).....	2
2.2 <i>VITIS VINIFERA</i> .....	2
2.3 VARIEDADES .....	3
2.4 SAUVIGNON BLANC .....	4
2.5 VINO .....	5
2.6 CLASIFICACIÓN DEL VINO .....	5
2.6.1 <i>Vinos tranquilos</i> .....	5
2.6.1.1 Vino tinto .....	5
2.6.1.2 Vino blanco .....	6
2.6.1.3 Vino rosado .....	6
2.6.2 <i>Vino espumoso o vino espumoso natural</i> .....	6
2.6.2.1 Vino espumoso clásico (Champenoise clásico) .....	6
2.6.2.2 Vino Espumoso Granvás (Charmat) .....	7
2.6.3 <i>Vino gasificado</i> .....	8
2.7 CLASIFICACIÓN DEL VINO ESPUMOSO Y GASIFICADO.....	8
2.8 MÉTODOS DE ELABORACIÓN DE VINO ESPUMOSO. ....	8
2.8.1 <i>Método tradicional</i> .....	8
2.8.1.1 Vendimia.....	9
2.8.1.2 Derrasponado .....	10
2.8.1.3 Estrujado y Prensado.....	10
2.8.1.4 Sulfitado del mosto .....	10
2.8.1.5 Desfangado.....	10
2.8.1.6 Inoculación y Fermentación alcohólica .....	11
2.8.1.7 Trasiego .....	11
2.8.1.8 Clarificación y Estabilización tartárica .....	11
2.8.1.9 Tiraje y Segunda fermentación.....	12
2.8.1.10 Rima .....	13
2.8.1.11 Removido o fase de pupitre .....	14
2.8.1.12 Degüelle .....	14
2.8.1.13 Adición de licor de expedición .....	14
2.8.1.14 Colocación de corcho y muselet .....	14
2.8.2 <i>Método Charmat</i> .....	15
<b>3. ANTECEDENTES.....</b>	<b>16</b>
3.1 COMPUESTOS VOLÁTILES DE LOS VINOS ESPUMOSOS.....	16
3.2 EVALUACIÓN SENSORIAL A VINOS ESPUMOSOS .....	20
3.3 CEPAS DE LEVADURA UTILIZADAS PARA VINO ESPUMOSO.....	21
3.4 ADICIÓN DE COMPUESTOS CLARIFICANTES .....	22
<b>4. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>5. HIPÓTESIS.....</b>	<b>25</b>
<b>6. OBJETIVOS .....</b>	<b>25</b>
6.1 OBJETIVO GENERAL .....	25
6.2 OBJETIVOS PARTICULARES .....	25

<b>7. METODOLOGÍA .....</b>	<b>26</b>
<b>ETAPA 1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS UVAS .....</b>	<b>27</b>
7.1 RECOLECCIÓN DE MATERIA PRIMA .....	27
7.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS A LAS UVAS.....	27
7.2.1 <i>Acidez total</i> .....	27
7.2.2 <i>Azúcares reductores directos</i> .....	28
7.2.3 <i>pH</i> .....	29
<b>ETAPA 2. PRODUCCIÓN DEL VINO BASE .....</b>	<b>29</b>
7.3 OBTENCIÓN DE MOSTO.....	29
7.4 ELABORACIÓN DE VINO BASE.....	30
7.4.1 <i>Acidez total</i> .....	31
7.4.2 <i>Azúcares reductores directos</i> .....	31
7.4.3 <i>Acidez volátil</i> .....	31
7.4.4 <i>Contenido de alcohol</i> .....	32
7.4.5 <i>pH</i> .....	33
7.4.6 <i>Sulfuroso libre</i> .....	33
7.4.7 <i>Sulfuroso total</i> .....	33
<b>ETAPA 3. PRODUCCIÓN DE VINO ESPUMOSO Y GASIFICADO Y ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS, ANÁLISIS DE COMPUESTOS VOLÁTILES Y EVALUACIÓN SENSORIAL. ....</b>	<b>34</b>
7.5 ELABORACIÓN DE VINO ESPUMOSO.....	34
7.6 ELABORACIÓN DE VINO GASIFICADO .....	36
7.7 CUANTIFICACIÓN DE UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS .....	36
7.8 ANÁLISIS DE COMPUESTOS VOLÁTILES: MICRO-EXTRACCIÓN EN FASE SÓLIDA-CROMATOGRAFÍA DE GASES	37
7.8.1 <i>Micro-extracción en fase sólida en el espacio de cabeza (HS-SPME)</i> .....	37
7.8.2 <i>Identificación de compuestos volátiles por cromatografía de gases</i> .....	38
7.9 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS .....	38
7.9.1 <i>Acidez total</i> .....	38
7.9.2 <i>Azúcares reductores directos</i> .....	38
7.9.3 <i>Acidez volátil</i> .....	39
7.9.4 <i>Contenido de alcohol</i> .....	39
7.9.5 <i>pH</i> .....	39
7.9.6 <i>Sulfuroso libre</i> .....	39
7.9.7 <i>Sulfuroso total</i> .....	39
7.9.8 <i>Determinación de color</i> .....	39
7.10 EVALUACIÓN SENSORIAL.....	40
7.11 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE DATOS.....	42
<b>8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>42</b>
<b>ETAPA 1.....</b>	<b>42</b>
8.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS A LA UVA .....	42
<b>ETAPA 2.....</b>	<b>43</b>
8.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS AL VINO BASE .....	43
8.3 CINÉTICA DE FERMENTACIÓN DEL VINO BASE .....	46

<b>ETAPA 3.....</b>	<b>49</b>
8.4 CUANTIFICACIÓN DE UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS.....	49
8.5 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS AL VINO GASIFICADO Y ESPUMOSO.....	49
8.6 DETERMINACIÓN DE COLOR.....	53
8.7 ANÁLISIS DE COMPUESTOS VOLÁTILES.....	55
8.8 ANÁLISIS SENSORIAL.....	61
<b>9. CONCLUSIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>72</b>
<b>11. ANEXOS .....</b>	<b>84</b>
11.1 ANEXO 1.....	84
11.2 ANEXO 2.....	85
11.3 ANEXO 3.....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variedades de uva convencionales para vino espumoso (Raymond y Rosa, 2021). .....	4
Tabla 2. Clasificación de vinos espumosos y gasificados. ....	8
Tabla 3. Estándares identificados en vino espumoso y gasificado.....	38
Tabla 4. Análisis fisicoquímicos del mosto .....	43
Tabla 5. Análisis fisicoquímico al vino base .....	45
Tabla 6. Datos de cinética de fermentación de vino 1 .....	46
Tabla 7. Datos de cinética de fermentación de vino 2.....	48
Tabla 8. Análisis fisicoquímicos del vino gasificado y espumoso. ....	51
Tabla 9. Parámetro de color de vino gasificado y espumoso. ....	54
Tabla 10. Tiempos de retención .....	57
Tabla 11. Descriptores de olor de los compuestos volátiles (Ubeda et al., 2019) .....	59
Tabla 12. Promedios de los parámetros visuales.....	62
Tabla 13. Promedios aroma. ....	67
Tabla 14. Promedios sabor y sensación en boca. ....	68

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama de flujo del método tradicional del vino espumoso. ....	9
Ilustración 2. Similitudes y diferencias entre los principales métodos de producción de vino espumoso (Di Gianvito et al., 2019).....	15
Ilustración 3. Diagrama de flujo de las 3 etapas de la metodología .....	26
Ilustración 4. Prensa manual .....	30
Ilustración 5. Vinificación de vino base Sauvignon blanc.....	31
Ilustración 6. Proceso de elaboración de vino espumoso. ....	35
Ilustración 7. Equipo SODASTREAM para gasificar bebidas .....	36
Ilustración 8. Copas para evaluación sensorial de vino espumoso y gasificado.....	41
Ilustración 9. Gráfica de cinética de fermentación de vino base 1.....	47
Ilustración 10. Gráfica de cinética de fermentación de vino base 2.....	48
Ilustración 11. Color de vinos Sauvignon blanc gasificado y espumoso (Software MCSV).....	55
Ilustración 12. Vino Sauvignon blanc gasificado .....	55
Ilustración 13. Vino Sauvignon blanc espumoso.....	55
Ilustración 14. Cromatograma Vino espumoso .....	56
Ilustración 15. Cromatograma de vino gasificado Sauvignon blanc .....	60
Ilustración 16. Gráfico radial de parámetros visuales.....	62
Ilustración 17 Gráfico radial de parámetros de aroma.....	67
Ilustración 18. Gráfico radial de parámetros de sabor y sensación en boca .....	68

## 1. INTRODUCCIÓN

En México se producen vinos espumosos en diversas regiones vitivinícolas mexicanas. Querétaro cuenta con 18 bodegas que elaboran 2.1 millones de botellas al año (Clúster Vitivinícola de Querétaro), liderando el volumen de espumosos nacionales. En segundo lugar, se encuentra Baja California donde, hasta 2022, los vinos espumosos representaban el 1% de la producción total. A esta tendencia de producción de vinos se suman viñedos de Guanajuato, Aguascalientes, Jalisco y San Luis Potosí.

Las condiciones climáticas de suelos y las prácticas agrícolas en el que se desarrolla el cultivo de la vid definen las características físicas y químicas al producto que se refleja en la calidad de los vinos. Durante el año 2021 en México el consumo per cápita de vino ascendió a 1.2 litros (CMV, 2022).

Los vinos pueden clasificarse en distintas maneras, una de ellas es de acuerdo con su contenido de dióxido de carbono entre los que se identifican los vinos tranquilos y los vinos espumosos. Los vinos tranquilos, ya sean blancos, tintos o rosados, se caracterizan por la ausencia de dióxido de carbono (OIV, 2022). Por otro lado, de acuerdo con el Consejo Regulador del Cava, los vinos espumosos son aquellos que contienen burbujas de origen endógeno como producto de una segunda fermentación en botella de acuerdo con el método tradicional utilizado para fabricar Champagne y Cava. Existe también una alternativa conocida como gasificación, en la cual no se realiza la segunda fermentación, sino que se sustituye por la adición directa de anhídrido carbónico, lo que define a los vinos gasificados.

La producción de vinos va en aumento cada año y se requieren bases científicas para avalar que los vinos producidos en México aportan autenticidad y calidad para seguir fomentando el consumo local de vinos. La composición volátil en los vinos espumosos es el resultado de diversos factores, entre ellos destaca el envejecimiento en botella (ya que es un fenómeno complejo que involucra el papel fundamental de la formulación del vino base), la cepa de levadura, la temperatura y la autólisis celular.

Sobre esto, existen diversas investigaciones que avalan que tiene un efecto sobre la síntesis y liberación de compuestos aromáticos de los vinos espumosos.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Uva (*Vitis*)**

Las uvas son las bayas producidas por plantas del género *Vitis*, que abarca aproximadamente 60 especies de vides. Las uvas fueron domesticadas hace más de 6,000 años. *Vitis vinifera L.* es la especie más comúnmente cultivada. Las uvas se consumen tanto frescas como productos procesados, incluidos vino, mermelada, jugo, jalea, extracto de semilla de uva, uvas pasas, vinagre y aceite de semilla de uva (Venkitasamy et al., 2019).

El origen de las uvas se sitúa en Asia occidental y el sur de Europa. Las uvas son uno de los productos agrícolas más importantes; por ello, la viticultura, el cultivo de uvas, constituye una de las formas de agricultura más beneficiosas (Parihar y Sharma 2021).

### **2.2 *Vitis vinifera***

La vid (*Vitis vinifera*) pertenece a la familia Vitaceae, es la única especie de *Vitis* que adquirió un interés económico significativo con el tiempo; algunas otras especies, por ejemplo, la norteamericana *V. rupestris*, *V. riparia* o *V. berlandieri*, se utilizan como portainjertos de reproducción debido a su resistencia a patógenos de la vid, como la filoxera, el oídio y los mildiu (Terral et al., 2010)

*Vitis vinifera*, la especie de uva que produce todos los vinos de calidad crece mejor en dos franjas relativamente estrechas entre las latitudes 30 y 50 grados en los hemisferios norte y sur. Se estima que el cambio climático cambie significativamente el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la vid, los atributos de la uva, el estilo y la tipicidad del vino y, por lo tanto, la percepción del terroir (interacción entre el suelo, clima y la actividad humana) de muchas regiones vitivinícolas tradicionales, requiriendo así adaptación para garantizar una viticultura sostenible en el futuro (Ollat

et al., 2016). Las proyecciones del cambio climático para el siglo XXI, basadas en modelos climáticos globales y regionales, coinciden en general con las tendencias observadas en las últimas décadas (Pachauri et al., 2014), lo que genera importantes impactos en la viticultura. En algunas regiones, se supone que el cambio climático beneficia a la viticultura, por ejemplo, debido a una mayor madurez de la fruta y la apertura de nuevas áreas de cultivo, mientras que el impacto podría ser perjudicial en otras regiones al dificultar la capacidad para el cultivo de la uva y la producción de vino (Fraga et al., 2016).

Existen cultivares con y sin semillas de *Vitis vinifera*, así como variedades de uvas rojas, negras y blancas. Dado que las especies de *Vitis vinifera* representan el 90 % del total de especies, son fáciles de encontrar (Khan et al., 2020).

### **2.3 Variedades**

A lo largo de los siglos, la selección natural y el mejoramiento tradicional han dado origen a una gran diversidad de variedades, cada una con características específicas que influyen en el perfil sensorial del vino. Dentro de esta diversidad, ciertas variedades se han consolidado como las más utilizadas en la vinificación, tanto por su adaptabilidad agronómica como por su potencial enológico. (Robinson et al., 2013).

Las variedades de uvas usadas para vino generalmente tienen bayas con semillas relativamente pequeñas. Las variedades importantes de uvas para vino incluyen 'Cabernet Sauvignon' y 'Pinot noir', utilizadas para la producción de vino tinto, y 'Chardonnay' y 'Sauvignon blanc', utilizadas para la producción de vino blanco (Fortes & Pais 2016).

Kemp et al. (2015) mencionan que la selección de la variedad de uva para el vino espumoso considera el clima, la composición del vino base (niveles de azúcar, acidez y pH), la capacidad de envejecimiento y el estilo de vino requerido. Las variedades de uva convencionales utilizadas en la industria vitivinícola, mostradas en la Tabla 1, están vinculadas a los vinos espumosos producidos en Francia, Italia y España. Cada

país tiene diferentes variedades de uva autorizadas oficialmente para su producción. Estas variedades están asociadas a varias Denominaciones de Origen Protegidas (Raymond y Rosa, 2021). Sin embargo, se está produciendo un aumento en el uso de variedades de uva alternativas para el vino espumoso; Este aumento de vinos espumosos monovarietales está dando lugar a investigaciones específicas y centradas en varias etapas del proceso del vino espumoso (Kemp et al., 2015).

	País	Variedades
Champagne	Francia	Chardonnay, Pinot noir y Pinot meunier
Cava	España	Macabeo, Xarel.lo, Parellada, Pinot noir y Chardonnay
Prosecco	Italia	Chardonnay, Pinot nero, Pinot bianco y Lambrusco

Tabla 1. Variedades de uva convencionales para vino espumoso (Raymond y Rosa, 2021).

## 2.4 Sauvignon blanc

Es originaria del Valle del Loira en Francia y se le consideraba una hierba silvestre antes de que los vinicultores comenzaran a convertir las uvas en vino, de ahí que el nombre Sauvignon Blanc provenga del significado de "blancos silvestres" en francés. Los sabores y estilos de Sauvignon Blanc pueden variar según la región debido al terreno y a las diferentes prácticas vinícolas, pero por lo general, los vinos Sauvignon Blanc se elaboran con un estilo seco, tranquilo y de cuerpo ligero, con alta acidez y características aromáticas dominadas por los sabores frutales derivados de la uva (Tsai et al., 2022).

En México Sauvignon blanc se encuentra entre las 5 variedades blancas con mayor producción teniendo el 12% de la producción total de uva industrial (SIAP 2022), se cultiva principalmente en Baja California y Querétaro.

Sauvignon blanc es una variedad con vinos que se caracterizan por aromas a maracuyá y tropicales, así como tonos herbáceos, de pimienta y de hierba. Los mercaptanos polifuncionales 3-mercaptohexan-1-ol (3MH) y acetato de 3-mercaptohexilo (3MHA), también descritos como tioles varietales, son prominentes

en los vinos Sauvignon blanc y producen matices de pomelo, maracuyá y guayaba (Parish-Virtue et al., 2021).

## **2.5 Vino**

De acuerdo con la NOM-199-SCFI-2017, el vino es la bebida alcohólica que se obtiene de la fermentación alcohólica únicamente de los mostos de uva fresca (*Vitis vinifera*) con o sin orujo, o de la mezcla de mostos concentrados de uva (*Vitis vinifera*) y agua. Su contenido alcohólico es de 8% a 16% Alc. Vol.

## **2.6 Clasificación del vino**

Las clasificaciones de vino son diversas y dependen de varios factores como el tipo de uva, el método de elaboración, la región de origen, el contenido de azúcar, entre otros. De acuerdo con su método de elaboración los vinos se clasifican en tranquilos y espumosos (OIV, 2022).

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural en México, (2017) para diferenciar los tipos de vino existen varias clasificaciones. Las más básicas son por su dulzor y por su edad. En la primera se diferencia entre secos, semisecos, semidulces y dulces. Sin embargo, también se clasifican por vinos tranquilos, vinos espumosos, vinos gasificados y vinos licorosos o generosos.

### **2.6.1 Vinos tranquilos**

De acuerdo con la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV, 2022), un vino tranquilo es aquel que se obtiene mediante la fermentación alcohólica natural del mosto de uva, sin adición de alcohol ni presencia de gas carbónico en cantidades que producen efervescencia. Estos vinos pueden ser tintos, blancos o rosados.

#### **2.6.1.1 Vino tinto**

Es el vino resultante de la vinificación de los mostos de uvas (*Vitis vinifera*) tintas, con maceración de sus orujos o de la vinificación de uvas cuyo jugo es tinto. Este vino se

puede presentar como vino seco, vino semiseco, vino semidulce o vino dulce (NOM-199-SCFI-2017).

#### **2.6.1.2 Vino blanco**

Es el vino resultante de la vinificación de los mostos de uvas (*Vitis vinifera*) blancas o de mostos de uvas tintas de jugo blanco. Este vino se puede presentar como vino seco, vino semiseco, vino semidulce o vino dulce (NOM-199-SCFI-2017).

#### **2.6.1.3 Vino rosado**

Resultante de la vinificación de los mostos de uvas (*Vitis vinifera*) blancas o uvas (*Vitis vinifera*) tintas con maceración parcial de sus orujos. Este vino se puede presentar como vino seco, vino semiseco o vino semidulce y vino dulce (NOM-199-SCFI-2017).

### **2.6.2 Vino espumoso o vino espumoso natural**

La NMX-V-047-NORMEX-2009 define al vino espumoso como aquel que cumple con las condiciones de un vino base y que, como consecuencia de su elaboración, contiene gas carbónico de origen endógeno, produce espuma de sensible persistencia seguida de un desprendimiento continuo de burbujas al ser descorchada la botella y servido el vino. El gas carbónico presente debe proceder de la segunda fermentación de los azúcares naturales del vino base o de los azúcares agregados en el licor de tiraje, realizada en envases herméticamente cerrados, y debe indicarse que el CO<sub>2</sub> es natural. De acuerdo con la misma norma, la cantidad máxima de sacarosa... es de 25 g/l de vino, y la adición de tiraje debe de efectuarse antes del llenado del envase (botella o tanque). Al término de la segunda fermentación y crianza, se deben eliminar las lías producidas. Posteriormente podrá ser adicionado licor de expedición según el vino de que se trate. Su contenido alcohólico es de 9% a 14% Alc. Vol.

#### **2.6.2.1 Vino espumoso clásico (Champenoise clásico)**

Es el vino espumoso natural, cuyo proceso de elaboración y crianza, desde la segunda fermentación hasta la eliminación de las lías, se realiza en la misma botella. El volumen perdido por la eliminación de las lías se recupera con el vino o licor de expedición. Se sella con tapón de corcho y bozal. La presión mínima en la botella debe ser de 392 kPa (4 kg/cm<sup>2</sup>) a 293 °K (20 °C). El tiempo mínimo de permanencia en la botella desde el sembrado de la levadura hasta la separación de las lías debe ser de 6 meses para vino espumoso clásico, 12 meses para vino espumoso reserva y 24 meses para vino espumoso gran reserva (NOM-199-SCFI-2017).

De acuerdo con su denominación de origen existen dos tipos de vinos espumosos elaborados a partir del método clásico (NMX-V-047-NORMEX-2009):

- I. Champagne: Es el vino espumoso con Denominación de Origen, regulado por la legislación aplicable en el país de origen (República Francesa)
- II. Cava: Es el vino espumoso con Denominación de origen, regulado por la legislación aplicable en el país de origen (Reino de España).

#### **2.6.2.2 Vino Espumoso Granvás (Charmat)**

Es el vino espumoso natural cuya segunda fermentación se lleva a cabo en tanques de cierre hermético. El tiempo mínimo de permanencia en el tanque, desde el sembrado de la levadura hasta la separación de las lías, debe ser de 45 días. Terminada la fermentación se deben eliminar las lías por filtración, añadiendo o no el licor de expedición, se cambia de tanque o se pasa directamente a la botella. Ésta debe tener una presión mínima de 392 kPa (4 kg/ cm<sup>2</sup>) a 293 °K (20 °C) (NOM-199-SCFI-2017).

De acuerdo con su denominación de origen existen tres tipos de vinos espumosos elaborados a partir del método Charmat:

- I. Lambrusco: Es el vino espumoso con Denominación de origen, regulado por la legislación aplicable en el país de origen (República Italiana).
- II. Asti: Es el vino espumoso con Denominación de origen, regulado por la legislación aplicable en el país de origen (República Italiana).
- III. Prosecco: Es el vino espumoso con Denominación de origen, regulado por la legislación aplicable en el país de origen (República Italiana).

### 2.6.3 Vino gasificado

Es aquel que es adicionado de dióxido de carbono en el momento de envasarlo en su botella de expedición. Esta debe tener una presión mínima de 1.4 kg/ cm<sup>2</sup> (NOM-199-SCFI-2017).

## 2.7 Clasificación del vino espumoso y gasificado

La norma NMX-V-047-NORMEX-2009 clasifica a los vinos espumosos y gasificados de acuerdo con su contenido de azúcares residuales como se muestra en la Tabla 2.

Clase	Contenido de azúcares (g/L)
<b>Brut natural</b>	0 a 5
<b>Brut</b>	5.1 a 25
<b>Seco</b>	25.1 a 35
<b>Semi - seco</b>	35.1 a 50
<b>Dulce</b>	más de 50

Tabla 2. Clasificación de vinos espumosos y gasificados.

## 2.8 Métodos de elaboración de vino espumoso.

Los vinos espumosos se pueden producir según dos procedimientos principales, el método tradicional, también llamado “Champenoise”, y el método Charmat. El método tradicional se realiza mediante una segunda fermentación en botella, mientras que en el método Charmat la segunda fermentación se lleva a cabo en tanques herméticamente cerrados (Garofalo et al., 2016).

### 2.8.1 Método tradicional

El método tradicional es también conocido, en francés, como Methodé champenoise, en la región de Champagne. Sin embargo, este término sólo se puede utilizar para los vinos espumosos producidos en dicha región, mientras que en otras partes del mundo se hace referencia a él como método clásico Methodé tradicional o fermentado en botella. El método tradicional de producción de vino espumoso se diferencia de otros procesos de elaboración en que tanto la segunda fermentación como la crianza sobre lías de levadura se realizan en botellas cerradas (Ivit y Kemp 2018).

El método tradicional de elaboración de vino espumoso consiste en un proceso de segunda fermentación de un vino base. Este vino base se embotella junto con una solución que contiene azúcares y levaduras (licor de tiraje) y se deja que ocurra una segunda fermentación dentro de la botella sellada en condiciones anaeróbicas, seguida de un envejecimiento sobre lías durante varios meses (Domizio et al., 2023). A continuación, en la Ilustración 1 se muestran los pasos de elaboración de vinos espumosos por el método tradicional.



Ilustración 1. Diagrama de flujo del método tradicional del vino espumoso.

### 2.8.1.1 Vendimia

Las características de un vino van a depender de un conjunto de factores donde la calidad de la uva es el elemento básico. Se deben definir los criterios de la materia prima para responder a las necesidades de la tecnología más apta para conseguir el mejor producto final. La elección de la fecha de cosecha será determinante para conseguir el tipo de vino buscado (Flanzy., 2003). La concentración de azúcar, la acidez total y el pH son los principales criterios de calidad de la uva utilizados para determinar las fechas de cosecha del vino espumoso y, por lo tanto, la calidad del vino (Kemp et al., 2015).

### **2.8.1.2 Derrasponado**

El principal objetivo del derrasponado, también llamado despalillado es separar las bayas de uva de los tallos y de otro material vegetal (Decanter y Laval, 2021), ya que contienen niveles muy altos de taninos y pueden aportar un sabor vegetal o verde duro al vino si los tallos se fermentan con el mosto (Sancho-Galán, 2021).

### **2.8.1.3 Estrujado y Prensado**

El propósito del estrujado es romper las bayas-hollejos para liberar la pulpa y el jugo. El estrujado es el paso de la vinificación que se utiliza para abrir la uva y que el jugo esté más fácilmente disponible para la levadura durante la fermentación. La fruta triturada que consiste en pulpa, piel y semillas se llama mosto (Goldammer., 2022). El objetivo principal del prensado de la uva es utilizar una velocidad mínima sobre las uvas para evitar la oxidación y minimizar los sólidos insolubles totales que afectan negativamente la calidad del vino (Kemp et al., 2015). La incidencia del prensado de la uva es uno de los elementos clave a la hora de evaluar la calidad de los vinos blancos, debido a que el nivel de presión aplicado produce una diferenciación en la composición fisicoquímica y sensorial los mostos obtenidos (Pérez et al., 2017).

### **2.8.1.4 Sulfitado del mosto**

El dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) se ha utilizado en la elaboración del vino durante siglos, actuando como antioxidante y agente antimicrobiano. A menudo se agrega después del prensado, antes del inicio de la fermentación alcohólica, para evitar el crecimiento de microorganismos no deseados que ingresan al mosto de uva desde el viñedo o los que contienen las bayas en la capa de pruina (capa cerosa que protege de diversos factores ambientales) sobre los hollejos. El  $\text{SO}_2$  se agrega antes y después de la fermentación alcohólica, para actuar como agente conservante. El uso de cantidades excesivas de  $\text{SO}_2$  en la elaboración del vino puede ser indeseable tanto desde el punto de vista de la salud como desde una perspectiva enológica, donde la adición de cantidades elevadas de  $\text{SO}_2$  puede afectar negativamente los atributos sensoriales de un vino (Qian et al., 2019).

### **2.8.1.5 Desfangado**

El desfangado es la clarificación del mosto y es una parte integral de la producción de vino blanco e implica la eliminación de las partículas responsables de la turbidez (como restos celulares, coloides, etc.) y, por otro lado, la eliminación del exceso de proteínas (que podrían originar una turbidez proteica) y de polifenoles oxidables (responsables de la turbidez oxidativa) y la decantación espontánea a baja temperatura es el paso estándar para eliminar la materia sólida del mosto antes de la fermentación (Armada & Falqué., 2007).

#### **2.8.1.6 Inoculación y Fermentación alcohólica**

El mosto se inocula regularmente con levadura deshidratada seleccionada (*S. cerevisiae*) para garantizar una fermentación alcohólica sin ninguna desviación. Sin embargo, algunas bodegas, especialmente las tradicionales, todavía utilizan la fermentación alcohólica espontánea, porque creen que el desarrollo secuencial de levaduras no *Saccharomyces* y *Saccharomyces* confiere una mayor complejidad a los vinos (González-Royo et al., 2015).

#### **2.8.1.7 Trasiego**

Las lías se separan del vino mediante un trasiego, que consiste en trasvasar el vino de un recipiente a otro para separarlo del sedimento, es decir, de las lías (Giacobbo et al., 2019). Los primeros trasiegos tienen lugar al final de la fermentación primaria, este primer trasiego podrá ser acompañado de una centrifugación ligera (en particular si la vendimia estaba alterada), con el fin de separar rápidamente el vino de sus lías finas. En general, los vinos base no son clarificados de forma muy intensa; en efecto los elaboradores de vinos espumosos son siempre muy prudentes en previsión del empobrecimiento de los vinos en macromoléculas, ya que éstas últimas son consideradas como soportes importantes de la espuma (Hidalgo-Togores, 2018).

#### **2.8.1.8 Clarificación y Estabilización tartárica**

El vino es una solución ácida que contiene ácido tartárico como ácido principal. Este ácido se encuentra en el vino, formando sales con los cationes más abundantes, potasio y calcio, o se encuentra en sus formas ionizadas. Si bien los cristales de ácido tartárico no son nocivos para los consumidores, afectan el atractivo visual del vino y

pueden afectar las decisiones de compra de los consumidores. Las sales tartáricas presentes en el vino son principalmente bitartrato de potasio (KHT), tartrato neutro de potasio ( $\text{TK}_2$ ) y tartrato neutro de calcio (TCa), con una menor concentración de tartrato doble de potasio y calcio ( $\text{T}_2\text{K}_2\text{Ca}$ ), y la sal mixta de malotartrato de calcio ( $\text{MTCa}_2$ ). También se encuentran las formas ionizadas de los iones tartrato ( $\text{HT}^-$ ) y ( $\text{T}^-$ ) (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

La inestabilidad tartárica consiste en la precipitación de estas sales tartáricas y su consiguiente presencia en el fondo de la botella en forma de cristales. Los mostos y vinos jóvenes contienen altas cantidades de sales tartáricas, a menudo cercanas al punto de sobresaturación. El aumento de la concentración de etanol durante la vinificación y el almacenamiento a bajas temperaturas puede provocar la precipitación de estas sales, siendo el bitartrato de potasio una de las sales menos solubles en soluciones hidroalcohólicas y, por lo tanto, la principal causa de esta formación de cristales (Flanzy., 2003).

Por lo tanto, para evitar la precipitación de ácido tartárico e inhibir la formación de cristales de ácido tartárico en el vino, se emplean métodos como la estabilización en frío, el tratamiento de intercambio iónico, y la adición de estabilizadores antes del embotellado (Waterhouse et al., 2016)

### **2.8.1.9 Tiraje y Segunda fermentación**

El vino base pasa por una segunda fermentación en la botella después de la adición de levadura y azúcar (*licor de tiraje*). El tiraje implica llenar la botella con el vino base monovarietal o elaborado a partir de una mezcla de vinos y la adición de una solución llamada licor de tiraje (Martínez-Rodríguez & Pueyo., 2009). Las operaciones de tiraje constituyen una etapa importante de la elaboración de los vinos espumosos. Consiste en añadir al vino una biomasa de levadura (lista para actuar), azúcar y un coadyuvante de tiraje (opcional). El vino deberá ser mezclado íntimamente con el azúcar, las levaduras y el coadyuvante. Las levaduras son utilizadas en forma de suspensión en el vino que sufrirá el tiraje.

Los iniciadores de levadura utilizados para la segunda fermentación deben cumplir requisitos tecnológicos adicionales a los necesarios para la primera fermentación. La segunda fermentación de los vinos base en botellas requiere cepas de levadura capaces de crecer con altos contenidos de etanol (10-12% v/v), pH bajo (2.9-3.2), baja temperatura (10-15 °C), alta presión de CO<sub>2</sub> (hasta 6 atmósferas), niveles relativamente altos de SO<sub>2</sub> (50-80 mg/L) y alta acidez total (7-10 g/L, medida como ácido tartárico) (Garofalo et al., 2016). Además de la selección de cepas nativas de *S. cerevisiae*, también se han propuesto levaduras *Saccharomyces* no- *cerevisiae* y no- *Saccharomyces* como alternativas para mejorar las características enológicas y la complejidad del sabor de las segundas fermentaciones de vinos base; *Saccharomyces bayanus* y *Saccharomyces oviformis* se han utilizado tanto en formas libres como inmovilizadas dentro de perlas de alginato recubiertas como inóculos para la segunda fermentación de vinos espumosos (Raymond-Eder et al., 2021).

Las levaduras que consumen el azúcar durante la segunda fermentación se multiplican formando un depósito y van a liberar el gas carbónico que creará la presión en la botella. La preparación del licor de tiraje necesita muchas precauciones. Posterior a la fermentación sigue un período prolongado de envejecimiento en contacto con lías de levadura. La segunda fermentación y el envejecimiento se llevan a cabo en botellas cerradas a bajas temperaturas (12-16 °C) y en posición horizontal. Todo el proceso se conoce con el término francés "prise de mousse" (Penacho et al., 2012).

#### **2.8.1.10 Rima**

Después de la segunda fermentación se produce la autólisis de las levaduras, seguido de una crianza prolongada en contacto con las lías con el fin de potenciar la calidad global del producto final (Sartor et al., 2018). La crianza del vino espumoso en botella sobre lías de levadura es generalmente más larga que la crianza del vino tranquilo, y la autólisis de la levadura se produce bajo presión comúnmente a 6 atmósferas estándar (atm). La autólisis de la levadura es un proceso catalizado por

enzimas intracelulares de la levadura, que generalmente tiene lugar al final de la fase estacionaria de crecimiento y suele estar asociada a la muerte celular (Kemp et al., 2015). Durante este período de envejecimiento, varios compuestos (incluyendo lípidos, carbohidratos, nucleótidos, aminoácidos, péptidos, manoproteínas y compuestos volátiles) se liberan en el proceso de autólisis. Estas moléculas influyen en las características del vino y su calidad sensorial (Ubeda et al., 2019).

#### **2.8.1.11 Removido o fase de pupitre**

El objetivo del removido (asentamiento) es trasladar los sedimentos al cuello de la botella mediante giros que deben ser graduales y controlados. Durante el removido, cada botella debe girarse manualmente un octavo de vuelta (del total) cada día durante 15 días hasta que queden prácticamente perpendiculares al suelo. El removido favorece el posterior degüelle (Garofalo et al., 2016)

#### **2.8.1.12 Degüelle**

El degüelle consiste en retirar el sedimento de levadura y los agentes coadyuvantes de la botella. Una vez que los vinos se consideran listos, las botellas se remueven para depositar las células de levadura al cuello de las botellas. La siguiente etapa es el degüelle, que consiste en congelar el cuello de la botella a -25 °C. A continuación, el depósito de levadura congelada se elimina bajo presión al abrir la botella y se añade inmediatamente el licor de expedición (Ivit & Kemp 2018).

#### **2.8.1.13 Adición de licor de expedición**

En este punto, cada botella de vino espumoso se rellena con un licor de expedición que puede consistir en azúcar (0-50 g/L), licor (brandy o coñac), o solo vino, una dosificación más compleja puede contener una amplia gama de ingredientes adicionales, incluyendo azúcar, vinos más antiguos, vinos envejecidos, SO<sub>2</sub>, ácido cítrico y taninos (McMahon, (2016).

#### **2.8.1.14 Colocación de corcho y muselet**

Finalmente, después de la adición de la dosificación, cada botella se sella con un corcho y un bozal de alambre para evitar que el corcho sea expulsado debido a la alta presión de carbonatación (Kemp et al, 2015).

## 2.8.2 Método Charmat

Di Gianvito et al. (2019) mencionan que el método tradicional fue el único proceso utilizado para elaborar vino espumoso hasta el año 1916, cuando Eugene Charmat hizo realidad la idea de Federico Martinotti de usar un sistema para la producción de grandes cantidades de vino espumoso. En este método, conocido como Martinotti-Charmat o Charmat, la segunda fermentación se realiza en tanques presurizados equipados con mecanismos de agitación donde mezclan las células de levadura con el vino base. Este método es más simple y económico comparado con el método tradicional y el vino es filtrado antes de ser embotellado, en la Ilustración 2 se muestran las similitudes y diferencias entre el método tradicional y el Charmat.

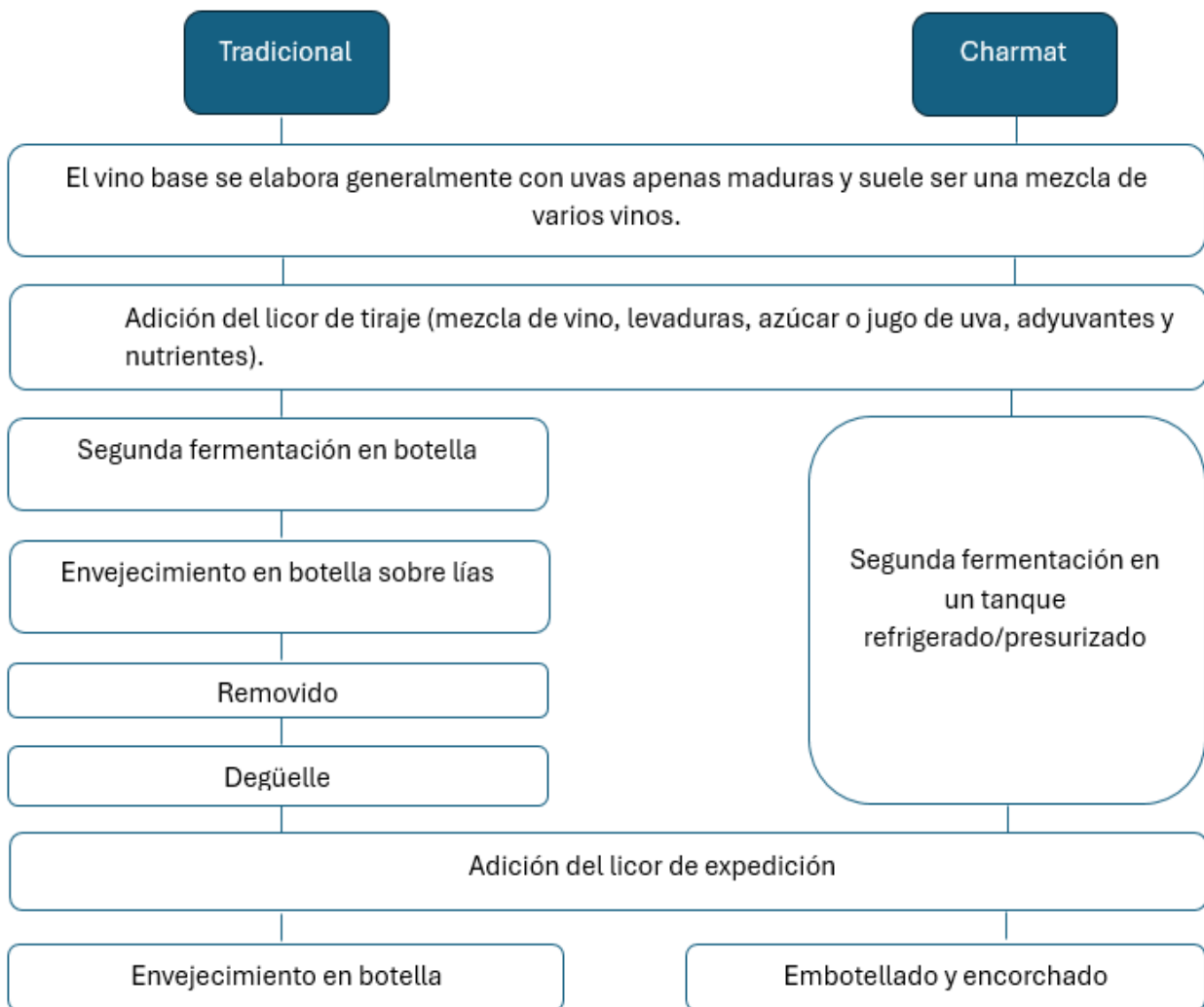


Ilustración 2. Similitudes y diferencias entre los principales métodos de producción de vino espumoso (Di Gianvito et al., 2019).

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 Compuestos volátiles de los vinos espumosos

Ubeda et al. (2019) estudiaron los cambios en los compuestos volátiles, aroma y atributos sensoriales durante la segunda fermentación y la crianza sobre lías en vinos espumosos a través de diferentes técnicas de análisis en vino espumoso como cromatografía de gases/espectrometría de masas/olfatometría y análisis sensorial. Sus resultados mostraron que durante el envejecimiento aumentó la concentración de algunos ésteres (succinato de dietilo, lactato de etilo e isovalerato de etilo) durante el envejecimiento y sugieren que estos compuestos podrían usarse como marcadores de envejecimiento. Por otro lado, identificaron a los vitispiranos como los mejores marcadores de envejecimiento de los norisoprenoides para vinos espumosos jóvenes (12 meses de crianza).

Cisilotto et al. (2023) evaluaron el comportamiento de las levaduras y del vino durante la segunda fermentación y posterior crianza sobre lías de vinos espumosos elaborados mediante los métodos Tradicional y Charmat a escala industrial, realizaron análisis fisicoquímicos, microbiológicos, de expresión genética y de marcadores de características relacionadas con el envejecimiento del vino y en sus resultados encontraron que en cuanto a los métodos de elaboración, existen diferencias principalmente en el aumento de la velocidad de pérdida de vitalidad y viabilidad de las levaduras tras la fermentación debido a la agitación interna del líquido en el depósito a presión, junto con una mayor y más temprana expresión de genes relacionados con la autólisis.

Sartor et al. (2021) determinaron la influencia del tiempo de exposición de los vinos a crianza en contacto con lías de levadura en la composición nitrogenada y las características del perfil sensorial. Emplearon distintas variedades de uvas no tradicionales como: Villenave, Niagara, Manzoni y Goethe, así como una variedad clásica de Chardonnay. Los resultados de este estudio mostraron que las concentraciones de aminoácidos libres mostraron variaciones en los vinos espumosos a lo largo del tiempo de crianza sobre lías, observándose un aumento

significativo, especialmente para citrulina, lisina, fenilalanina, glicina, ácido aspártico, arginina, tirosina, valina y metionina, lo que indica que durante el envejecimiento en contacto con lías de levadura, puede haber ocurrido la liberación de aminoácidos de la pared celular de la levadura. En cuanto a los perfiles sensoriales de los vinos espumosos envejecidos sobre lías de levadura se caracterizaron por descriptores de notas de frutas blancas y cítricas, florales, miel, mantequilla, tostadas y vegetales.

Caliari et al. (2014) analizaron la composición química y el contenido de compuestos volátiles a vinos espumosos brasileños elaborados por el método tradicional empleando cinco variedades clásicas reconocidas para la elaboración de vinos espumosos (Pinot Noir, Pinot Gris, Chardonnay, Sauvignon Blanc y Riesling Renano) y cinco variedades innovadoras (Moscato Embrapa, Niagara, Villenave, Goethe y Manzoni Bianco). Al determinar los compuestos fenólicos encontraron en altas concentraciones al tirosol, por otro lado, determinaron compuestos fenólicos y ésteres donde el acetato de isoamilo fue detectado en altas concentraciones y particularmente en la variedad Moscato Embrapa ( $610.7 \mu\text{g}\times\text{L}^{-1}$ ), el octanoato de etilo lo encontraron en mayor concentración en los vinos espumosos de la variedad de Villenave ( $976.6 \mu\text{g}\times\text{L}^{-1}$ ). También los resultados mostraron altas concentraciones de monoterpenos, como el linalool que fue detectado en el Riesling Renano ( $209.1 \mu\text{g}\times\text{L}^{-1}$ ) y geraniol en Moscato Embrapa ( $128. \mu\text{g}\times\text{L}^{-1}$ ). Concluyeron que las variedades innovadoras en Brasil pueden proporcionar características particulares y diferenciadas, principalmente aquellas relacionadas con la composición volátil, ofreciendo una alternativa para la producción de vinos espumosos brasileños.

Martín-García et al. (2023) evaluaron el papel de las lías de levadura en el perfil volátil del vino espumoso (Cava). Realizaron el monitoreo de los compuestos volátiles durante la vida útil de los vinos espumosos durante el mismo periodo de crianza que en los vinos en contacto con lías. El perfil volátil del vino espumoso durante la crianza biológica y el almacenamiento comercial, después del degüelle, se evaluó mediante microextracción en fase sólida en el espacio de cabeza acoplada a cromatografía de gases-espectrometría de masas. Identificaron más de 60 compuestos, incluidos

ésteres, alcoholes, terpenos, furanos, norisoprenoides y ácidos grasos. Se observó una reducción de los componentes volátiles cuando tuvo lugar la etapa de degüelle. Al evaluar el comportamiento del aroma a lo largo del tiempo, el principal factor que discrimina entre muestras fue el tipo de crianza, es decir, con o sin lías. La evaluación de los volátiles a lo largo del tiempo reveló que los furanos mostraron una relación significativa con la crianza, lo que indica que algunos componentes de esta familia podrían ser posibles marcadores de crianza.

Jagatić et al. (2020) estudiaron el perfil de compuestos aromáticos volátiles y la composición de ácidos orgánicos de muestras de vino espumoso comercial de tres regiones vitivinícolas en Croacia. Identificaron un total de 174 compuestos volátiles, separados entre sus clases químicas (aldehídos, alcoholes superiores, fenoles volátiles, terpenos, C13-norisoprenoides, lactonas, ésteres, ácidos grasos, compuestos de azufre, otros compuestos, otros alcoholes). Los alcoholes superiores como el alcohol feniletílico e isoamílico, así como el 2-metil-1-butanol, y los ésteres como el succinato de dietilo, el hidrogeno succinato de etilo y el lactato de etilo tuvieron el mayor impacto en el perfil de compuestos volátiles del vino espumoso. También se observó la presencia de glutarato de dietilo y malonato de dietilo, compuestos cuyas concentraciones están influenciadas por la autólisis de la levadura o causadas por la esterificación química durante el proceso de envejecimiento. Se detectó que la presencia de dietil succinato, así como glutarato de dietilo, puede usarse como marcadores de envejecimiento.

Kemp et al. (2017) investigaron el efecto del estilo de vino y la adición de azúcar de caña en la solución de licor de expedición (dosificación) sobre los compuestos aromáticos volátiles (VOC) en el vino espumoso elaborado por el método tradicional. Elaboraron 24 botellas de cada tratamiento (6 tratamientos). Los tratamientos fueron vino espumoso de dosis cero (ZD), vino espumoso NV + azúcar (BS), vino Chardonnay tranquilo sin barrica + azúcar (UC), vino espumoso Pinot noir 2009 + azúcar (PN), Brandy producido en Niagara + azúcar (B) y vino de hielo (IW). El tratamiento de control en el análisis sensorial fue un vino Chardonnay tranquilo con

barrica + azúcar (OC). El análisis de compuestos aromáticos volátiles (VOC) lo llevaron a cabo por cromatografía de gases-espectrometría de masas, para la cual emplearon la técnica de microextracción en fase sólida en el espacio de cabeza (HS-SPME-GC-MS) incluyeron dos alcoholes y seis ésteres etílicos. En los resultados de la investigación encontraron que el azúcar afectó las concentraciones de VOC en todos los tratamientos a las cinco semanas posteriores al degüelle, pero a las 15 semanas después de la adición del licor de expedición, el vino con azúcar agregado tenía concentraciones de VOC similares a los vinos ZD. Concluyendo que el tipo de vinos utilizados en las soluciones de dosificación tuvo más influencia en las concentraciones de VOC que la adición de azúcar.

Culbert et al. (2017) estudiaron la composición química (contenido de proteínas, polisacáridos, aminoácidos y ácidos grasos/éster etílico), las propiedades espumantes y la calidad de 50 vinos blancos espumosos australianos, que se representan en cuatro métodos de producción: Método tradicional, transferencia, Charmat y carbonatación. En el método de transferencia después de la segunda fermentación en botella y un breve periodo de crianza sobre lías antes del removido, el vino se trasiega, con sedimentos, a un depósito presurizado y posteriormente, se filtra a presión y se embotella. Los vinos método tradicional y transferencia fermentados en botella, contenían proporciones mayores de manoproteínas derivadas de levadura, mientras que los vinos Charmat y carbonatados tenían mayores concentraciones de ramnogalacturonanos derivados de uva. Encontraron que los aminoácidos libres eran más abundantes en los vinos carbonatados, probablemente debido a la producción mediante fermentación primaria exclusivamente y/o la inclusión de variedades de uva no tradicionales. Por otro lado, en cuanto a los ácidos grasos y sus ésteres no se relacionaron con las propiedades espumantes, pero los ácidos octanoico y decanoico y sus ésteres etílicos estaban presentes en concentraciones significativamente mayores en los vinos Charmat y carbonatados que en los fermentados en botella, y se correlacionaron negativamente con las calificaciones de calidad.

Dachery et al. (2023) evaluaron el perfil sensorial de vinos espumosos elaborados por métodos alternativos más rápidos, ancestral y fermentación en un solo tanque (STF) con los más comunes (Tradicional y Charmat) utilizando microextracción en fase sólida en espacio de cabeza y cromatografía de gases con detección por espectrometría de masas (HS-SPME-GC/MS) seguida de un mapa de calor y un análisis de agrupamiento jerárquico (HCA). Observando que los ésteres con características afrutadas, florales, de miel y dulces fueron los principales responsables de la particularidad de los vinos espumosos producidos por métodos alternativos. Se encontraron cinco ésteres (acetato de isoamilo, hexanoato de etilo, octanoato de etilo, acetato de 2-feniletilo y hexanoato de isopentilo) en niveles superiores a sus umbrales de olor. Por otro lado, encontraron que el hexanol (olor herbáceo) y el octanoato de isoamilo (olor aceitoso), que pueden perjudicar la calidad, se encontraron en niveles superiores al umbral de olor en los vinos espumosos Charmat y Tradicional, respectivamente. Con respecto al perfil sensorial lo evaluaron mediante un análisis descriptivo cuantitativo (QDA) mostrando que los vinos espumosos alternativos se caracterizaban por un olor mejorado de frutas tropicales y cítricas dulces y florales, además de efervescencia, intensidad de color amarillo, cremosidad, cuerpo y sabor. Por lo tanto, concluyeron que los vinos Ancestral y STF dieron como resultado vinos espumosos de calidad deseable que se pueden producir a través de procesos más rápidos con menos pasos.

### **3.2 Evaluación sensorial a vinos espumosos**

Just-Borrás et al. (2024) evaluaron fisicoquímica y sensorialmente a vinos espumosos comerciales: 20 vinos espumosos blancos, 9 elaborados por el método tradicional y 11 por el método ancestral. Reportando que los espumosos tradicionales son mucho más homogéneos que los ancestrales y, en general, presentan mayores niveles de presión y dióxido de azufre y mejor efervescencia. En cambio, los espumosos ancestrales son mucho más heterogéneos y, en general, presentaban mayores niveles de ácido glucónico, proteínas totales y polisacáridos, un color amarillo más intenso, un pH más elevado y una mayor turbidez. Por otro lado en la evaluación sensorial el panel puntuó de forma muy similar los siguientes atributos sensoriales: agresividad de los gases, equilibrio reducción/oxidación, cuerpo, acidez,

notas de frutas tropicales y anís. En cambio, los panelistas consideraron que los vinos espumosos ancestrales presentaban un color más intenso, un mayor impacto del envejecimiento y un aroma a levadura y pan más pronunciado, así como notas de frutas blancas menos intensas. También consideraron que los vinos espumosos ancestrales tienen burbujas de menor tamaño y menor estabilidad. Concluyendo que estas diferencias se deben principalmente a que el método ancestral no está tan definido con precisión como el tradicional, por lo que, en ocasiones, la calidad del producto puede verse afectada de forma significativa. Por otra parte, el método ancestral tiene la ventaja de poder trabajar con uvas más maduras y una menor dosis de dióxido de azufre.

### **3.3 Cepas de levadura utilizadas para vino espumoso**

Tufariello et al. (2023) investigaron los efectos de cuatro cepas de levadura autóctonas y una cepa comercial de *Saccharomyces cerevisiae* sobre los perfiles químicos y volátiles de los vinos rosados y espumosos (cultivar Bombino). Realizaron análisis de HPLC-HRMS, GC-MS y series de olores en vino espumoso producido a escala industrial. En sus resultados encontraron un efecto significativo específico de las cepas de levadura autóctonas sobre el aroma y el metaboloma de los vinos espumosos regionales en comparación con la cepa comercial.

Gianvito et al. (2018) investigaron para la producción tradicional de vino espumoso seis cepas de vino floculantes de *Saccharomyces cerevisiae* con diferente grado de floculación y actividad autolítica y dos cepas comerciales. Evaluaron la viabilidad de las levaduras, los aminoácidos libres, la liberación de nitrógeno de alto peso molecular y la composición físicoquímica de los vinos espumosos y el potencial aromático de las cepas. Sus resultados reflejaron que las levaduras floculantes presentaron comportamientos enológicos similares a las cepas comerciales y todas las cepas consideradas pudieron completar la fermentación y se detectaron células viables de todas las cepas en todos los vinos espumosos producidos incluso después de 6 meses. Las cepas mostraron una considerable diversificación en términos de número y cantidad de moléculas aromáticas producidas y los vinos espumosos

obtenidos con cepas floculantes autóctonas presentaron una mayor cantidad de alcoholes y ésteres ya después de 3 meses.

Martí-Raga et al. (2016) estudiaron el papel de la composición del nitrógeno durante la fase lag (adaptación) midiendo el crecimiento y los parámetros fermentativos durante la segunda fermentación. Emplearon ocho cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de diferente origen para determinar el impacto del origen genético de la levadura en la eficiencia del proceso de aclimatación y obtuvieron que el uso de un medio rico en aminoácidos precursores de los alcoholes fusel, aunque desencadenó un crecimiento lento durante la fase de aclimatación, aumentó la viabilidad y la aptitud de la levadura durante la segunda fermentación.

Raymond et al. 2020 estudiaron las características químicas y sensoriales de vinos espumosos elaborados a partir de uvas de Torrontés Riojano, utilizando las siguientes cepas: *Saccharomyces cerevisiae* EC1118 (*Lallemand*) y *S. cerevisiae bayanus* cepa C12 (*Lamothé-Abiet*) e IFI473I durante la segunda fermentación. En sus resultados los vinos espumosos mostraron altos niveles de diversos ésteres etílicos volátiles y terpenos asociados a aromas frutales y florales. Con respecto a la evaluación sensorial realizaron descripciones de aroma, perfil visual y la sensación en boca; fueron elaboradas por un panel de 14 evaluadores los perfiles sensoriales mostraron diferencias significativas para el descriptor de aroma floral entre EC1118, *bayanus* C12 e IFI473I y para la persistencia de la burbuja para la cepa *bayanus* C12. Sin embargo, sugieren que las propiedades sensoriales de estos vinos espumosos podrían depender de las propiedades químicas y sensoriales del vino base más que de la cepa de levadura utilizada para la segunda fermentación.

### **3.4 Adición de compuestos clarificantes**

Ubeda et al. (2021) analizaron vinos espumosos elaborados por el método tradicional con la adición de bentonita al vino para eliminar proteínas inestables que son responsables de la formación de turbidez y para estudiar el efecto de la distribución de la dosis de bentonita para la estabilización del vino entre las adiciones al vino base antes del tiraje ( dosis de bentonita 8.5, 12.75 y 17 g/hL) y durante el tiraje (suma de

la dosis restante para cada caso) se realizaron análisis de perfiles volátiles (SPME-GC-MS), características de la espuma (método Mosalux) y análisis sensoriales. Los resultados reflejaron que la adición del 50% de bentonita al vino base (antes del tiraje) dio como resultado vinos espumosos con la menor cantidad de compuestos volátiles, principalmente ésteres y norisoprenoides. No se encontraron diferencias significativas entre los vinos espumosos después de 9 meses de crianza con relación a las propiedades de espuma medidas con Mosalux, aunque se percibieron mayor espumabilidad y persistencia de la corona en los vinos espumosos con la adición del 75% y el 100% de la dosis de bentonita en niveles sensoriales.

Granell et al. (2022) caracterizaron muestras de mostos, vinos y vinos espumosos según el contenido de elementos relevantes, ya sea presentes de forma natural o añadidos mediante prácticas agrícolas y enológicas. Los resultados se reportaron en diagramas de cajas, gráficos de barras y análisis de componentes principales (PCA). En los datos se encontró relevancia de algunos elementos como marcadores o descriptores de los procesos de elaboración del vino. Por otro lado, el Cu y el K son abundantes en los mostos y sus concentraciones van disminuyendo progresivamente a lo largo del proceso de elaboración del cava. Finalmente, las concentraciones de Na, Ca, Fe y Mg aumentan a partir de la primera fermentación debido a la adición de agentes clarificantes como la bentonita.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

En México se cultivan aproximadamente 80 variedades de uva *Vitis vinifera* y el 50% son de uso industrial. Durante el año 2022 la producción de vino en el país fue de 39.6 millones de litros, con un valor de mercado de dos mil 468 millones de dólares.

De acuerdo con la Secretaría de Economía, las entidades con más ventas internacionales de vino espumoso en 2024 fueron Querétaro con \$400 mil dólares y Baja California con \$119 mil dólares. Liderando el estado de Querétaro elaborando 2.1 millones de botellas al año (Clúster Vitivinícola de Querétaro).

A pesar de que en México desde hace años existe la industria del vino, es necesario implementar bases científicas que sustentan la producción de estos, por ejemplo, las aplicaciones biotecnológicas pueden ayudar a determinar las características sensoriales auténticas que definen a los vinos elaborados en México e incluso, con respecto a los vinos espumosos, se podrían potenciar a tener aromas más característicos y a tener un perlaje más duradero.

La variedad Sauvignon blanc representa una alternativa enológica idónea para la elaboración de vinos espumosos, debido a su acidez, frescura aromática y su buena adaptación a las condiciones climáticas. Además, sus características permiten obtener vinos base que cuentan con características para una segunda fermentación conservando sus atributos varietales. Su uso contribuirá a valorizar el potencial enológico nacional y al desarrollo de vinos espumosos con identidad propia, fortaleciendo la innovación científica y tecnológica en la industria vitivinícola mexicana.

## 5. HIPÓTESIS

Los vinos espumosos elaborados con la variedad Sauvignon Blanc mediante el método tradicional presentarán una mayor diversidad de compuestos volátiles debido a la maduración sobre lías que los vinos gasificados, lo que podría asociarse con un perfil sensorial más complejo y con atributos aromáticos y gustativos más agradables.

## 6. OBJETIVOS

### 6.1 Objetivo general

Elaborar y caracterizar, tanto fisicoquímica como sensorialmente, un vino espumoso, mediante el método tradicional, y un vino gasificado, ambos con la variedad Sauvignon Blanc.

### 6.2 Objetivos particulares

- ✚ Determinar los parámetros de calidad de las uvas Sauvignon blanc.
- ✚ Elaborar un vino blanco utilizando uvas de la variedad Sauvignon blanc y determinar las características fisicoquímicas del vino base.
- ✚ Elaborar un vino blanco espumoso por el método tradicional y un vino blanco gasificado, utilizando uvas de la variedad Sauvignon blanc.
- ✚ Evaluar las características fisicoquímicas del vino blanco espumoso y el vino gasificado.
- ✚ Evaluar las características sensoriales del vino blanco espumoso y el vino gasificado.

## 7. METODOLOGÍA

La metodología de este proyecto se dividió en 3 etapas. En la primera etapa se realizaron análisis fisicoquímicos a las uvas y, una vez que se determinó que tenían la madurez correcta, se obtuvo el mosto para la elaboración del vino base. En la segunda etapa se realizó el vino base y también se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos. En la tercera etapa se elaboró el vino espumoso y el vino gasificado además se evaluaron sus parámetros fisicoquímicos y sensoriales.

En la Ilustración 3 se muestra el diagrama donde se esquematizan las 3 etapas de la metodología.

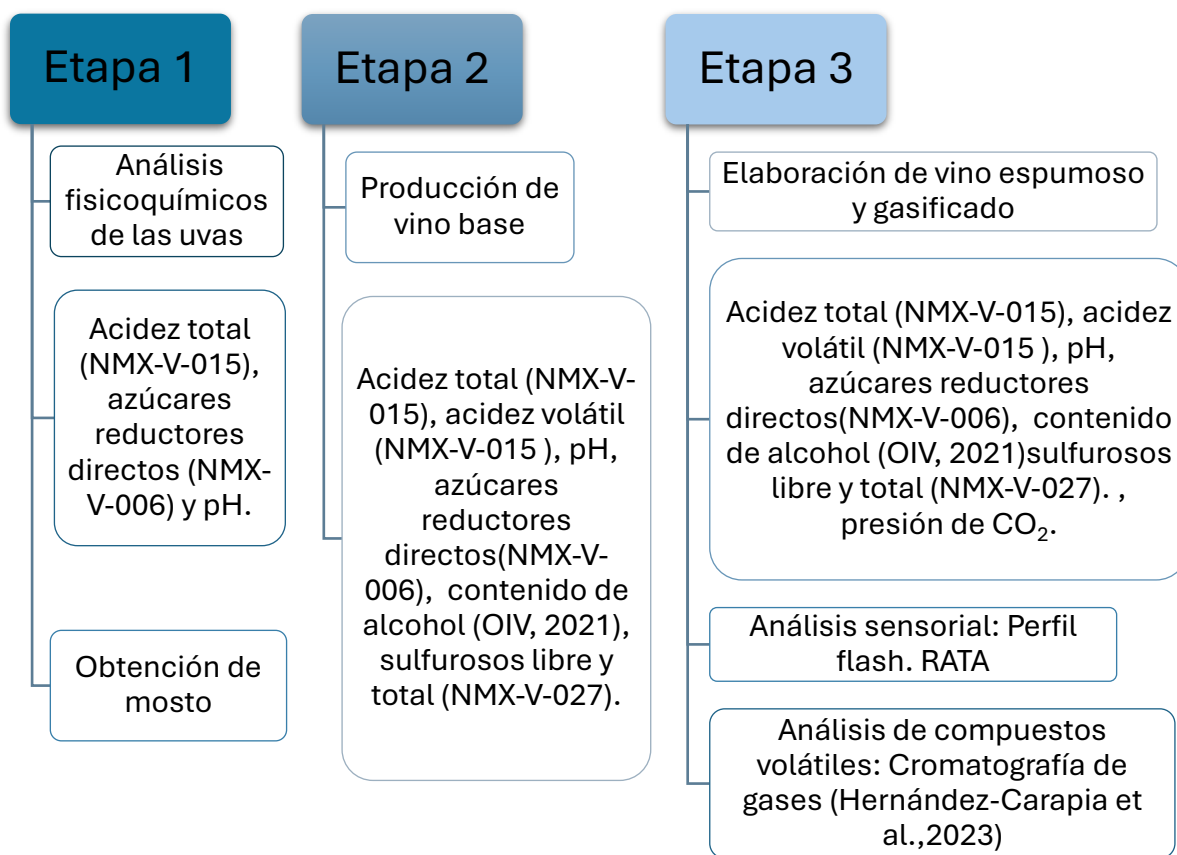


Ilustración 3. Diagrama de flujo de las 3 etapas de la metodología

## **Etapa 1. Análisis fisicoquímicos de las uvas**

### **7.1 Recolección de materia prima**

Las uvas, de la variedad Sauvignon blanc, fueron proporcionadas por el viñedo Vinaltura<sup>MR</sup> (ubicado en el Valle de Colón, Querétaro) durante la vendimia del 2024. Estas fueron inmediatamente transportadas hasta la UAM-I en contenedores de plástico y almacenadas a 6 °C hasta el momento de su procesamiento.

### **7.2 Análisis fisicoquímicos a las uvas**

Las características fisicoquímicas más importantes para evaluar la calidad de las uvas en relación con la producción de vino base para la producción de vinos espumosos son la acidez titulable, azúcares reductores directos y pH, ya que determinan el tipo de vino base que se va a producir (Kempo et al., 2015).

#### **7.2.1 Acidez total**

La acidez total se determinó por el método volumétrico reportado en la NMX-V-015-NORMEX-2014 con ciertas modificaciones. De las uvas se tomó una muestra y se prensaron para extraer el mosto. De la muestra prensada (mosto) se tomaron 10 mL y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se añadieron 20 mL de agua destilada. Se tituló el mosto diluido con una solución de NaOH 0.1 N hasta alcanzar un pH de 8.2 el cual se fue midiendo con un potenciómetro de la marca CONDUCTRONIC modelo PC45 previamente calibrado. La acidez total se calculó mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez total } \left( \frac{g}{L} \text{ de ácido tartárico} \right) = \frac{(V_t)(N)(peq)}{V_m}$$

Donde:

$V_t$  = Volumen de la solución de NaOH empleados para la titulación

$N$  = Normalidad de la solución de NaOH empleada para la titulación

$peq$  = peso equivalente del ácido tartárico

$V_m$  = Volumen de la muestra

## 7.2.2 Azúcares reductores directos

La determinación de azúcares reductores directos se realizó de acuerdo con el método establecido en la NMX-V-006-NORMEX-2019. Primero se realizó la valoración del reactivo de Fehling y después se procedió a realizar la determinación en la muestra.

➤ Valoración del reactivo de Fehling:

En un matraz Erlenmeyer de 125 mL se colocaron 10 mL de reactivo de Fehling y 30 mL de agua destilada. En el matraz se agregaron tres perlas de ebullición y después fue colocado en una parrilla de calentamiento. Una vez que comenzó la ebullición, se realizó la titulación con una solución de dextrosa a una concentración de 0.3 % p/v. El factor de Fehling se calculó mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$F = (Dex)(V_T)$$

Donde:

F= Factor de Fehling

Dex= g de dextrosa/100

$V_T$ = Volumen de la solución de dextrosa gastados en la titulación

➤ Para la determinación en el mosto:

Una vez obtenido el mosto, éste se llevó a una dilución con agua destilada 1:10; de éste se tomó una alícuota de 10 mL y se realizó una segunda dilución 1:10. Posteriormente, esta solución diluida 1:100 se empleó para la titulación del reactivo de Fehling de manera análoga a como se realizó con la solución de dextrosa. El porcentaje de azúcares reductores directos se calculó con el uso de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Azúcares reductores} = (fd_1) \frac{(F)}{(V_T)} (100)(fd_2)$$

Donde:

$fd_1$ = Factor de la primera dilución

F= Factor de Fehling

$V_T$ = Volumen empleado de la solución de mosto para la titulación del reactivo de Fehling

fd<sub>2</sub>= Factor de la segunda dilución

### 7.2.3 pH

La determinación de pH se realizó de acuerdo con la norma (OIV-MA-AS313-15), se colocaron 30 mL en un vaso de precipitados de 100 mL del mosto extraído de la muestra de uvas y se determinó el pH con un potenciómetro de la marca CONDUCTRONIC modelo PC45 previamente calibrado.

## Etapa 2. Producción del vino base

Durante la etapa 2 se realizó el vino base. Es importante determinar los parámetros fisicoquímicos (acidez total, azúcares reductores directos, acidez volátil, contenido de alcohol, pH, sulfuroso libre y total) ya que este debe cumplir con características específicas para poder proceder con la elaboración del vino espumoso.

### 7.3 Obtención de mosto

La obtención del mosto se hizo de acuerdo con la metodología de Zoecklein, B. W. (1998). Primero se hizo una selección de las uvas para eliminar aquellas con algún daño mecánico o microbiológico, posteriormente se procedió a realizar el derrasponado de todas las uvas previamente seleccionadas. Se colocaron en un contenedor sanitizado para poder realizar el estrujado de manera manual. Para el prensado se empleó una prensa manual de jaula de la marca Vevor<sup>MR</sup> de 40 cm de diámetro y 61 cm de altura (Ilustración 4). Se colocó la uva estrujada en la malla (previamente instalada en la prensa); Y se procedió a acomodar los bloques de madera dentro de la prensa sanitizada y se comenzó con la obtención del mosto, se depositó en un recipiente de vidrio lavado y sanitizado, se realizó el sulfitado a 100 mg/L, se tapó y, para llevar a cabo el desfangado, se llevó a refrigeración (6°C) durante una semana.

Al terminar la semana en refrigeración se procedió a hacer el trasiego del mosto limpio (o desfangado) a otro recipiente de vidrio; el mosto desfangado quedó depositado en un nuevo recipiente de vidrio previamente lavado, sanitizado y tapado.



Ilustración 4. Prensa manual

#### 7.4 Elaboración de vino base

Una vez que se le determinaron las características fisicoquímicas, el mosto desfangado fue inoculado con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (nombre comercial "Côtes des Blancs" marca Red Star), previamente rehidratada y activada con una solución de sacarosa al 2%p/v a 35°C durante un lapso de 20 minutos. La levadura activa fue añadida al recipiente de vidrio que contenía el mosto desfangado, se tapó el frasco con un tapón airlock para permitir la liberación de CO<sub>2</sub> producido y evitar el ingreso del aire del exterior. La temperatura de fermentación fue de 18°C, y duró 9 días. Durante los días de fermentación se realizó la cinética para observar el consumo de azúcares con respecto a la producción de alcohol. Al terminar la fermentación el vino se colocó en refrigeración (6°C) y posteriormente se realizó el trasiego para eliminar las lías de la levadura. En la Ilustración 5. Vinificación de vino base Sauvignon blanc. se muestra el proceso de vinificación realizado para la obtención del vino base.



Ilustración 5. Vinificación de vino base Sauvignon blanc.

#### 7.4.1 Acidez total

Para la acidez total del vino base primero se realizó la valoración del reactivo de Fehling. Después se procedió a realizar la determinación en la muestra, se tomó una alícuota y posteriormente se siguió el mismo método empleado para el mosto descrito en la sección 7.2.1 Acidez total.

#### 7.4.2 Azúcares reductores directos

La determinación de azúcares reductores directos se realizó de acuerdo con el método establecido en la NMX-V-006-NORMEX-2019. Primero se realizó la valoración del reactivo de Fehling y después se procedió a realizar la determinación en la muestra descrito en el apartado 7.2.2 Azúcares reductores directos.

#### 7.4.3 Acidez volátil

La acidez volátil se determinó por el método volumétrico de acuerdo con el método oficial de la NMX-V-015-NORMEX-2014 con algunas modificaciones. Se tomó una alícuota de 1 mL de vino base y se colocó en el microdestilador. Se recibieron 10 mL

de destilado en un vaso de precipitados que contenía 10 mL de agua destilada fría en un baño de agua fría. Esta solución se vertió en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, se añadieron unas gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló con una solución de NaOH 0.01 N hasta llegar a un pH de 8.2 el cual se fue midiendo con un potenciómetro de la marca CONDUCTRONIC modelo PC45 previamente calibrado. La acidez volátil se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez volátil} \left( \frac{\text{g de ácido acético}}{\text{L de vino}} \right) = \frac{(V_t)(N)(peq)}{V_m}$$

Donde:

N= normalidad de la solución de NaOH empleada en la titulación

V<sub>t</sub>= Volumen de la solución de NaOH empleados para la titulación

peq= peso equivalente del ácido acético

V<sub>m</sub> = volumen de la muestra de vino

#### 7.4.4 Contenido de alcohol

Se determinó el contenido de alcohol volumétrico del vino midiendo la masa volúmica del destilado por picnometría de acuerdo con la metodología descrita por la OIV. (2021) con algunas modificaciones. Para ello se agregó una alícuota de 50 mL de vino en un matraz de destilación, 15 mL de NaOH 1 N, 10 mL de agua destilada y unas perlas de ebullición. Esta solución fue destilada recolectando 30 mL aproximadamente de líquido, después se aforó a 50 mL con agua destilada y al cual se le midió la temperatura con un termómetro y posteriormente se vertió en un picnómetro de 25 mL, el cual fue después aforado con agua destilada. Se calculó la gravedad específica, y el valor obtenido fue consultado en tablas de referencia para obtener el contenido alcohólico. La gravedad específica fue calculada mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Gravedad específica} = \frac{P_D - P_V}{P_A - P_V}$$

Donde:

P<sub>D</sub>= peso del picnómetro con el destilado

P<sub>A</sub>= peso del picnómetro con agua

$P_v$ = peso del picnómetro vacío

#### 7.4.5 pH

Para la determinación de pH en el vino base se siguió la misma metodología que para el mosto descrito en la sección 7.2.3 pH.

#### 7.4.6 Sulfuroso libre

La determinación de sulfuroso libre se realizó de acuerdo con la metodología de la NMX-V-027-NORMEX-2014 con algunas modificaciones. Se colocaron 25 mL de vino en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, se añadieron 5 mL de  $H_2SO_4$  diluido en agua en proporción 1:4. Se homogeneizó la muestra mediante agitación suave y se añadieron 5 mL de solución de almidón al 2% p/v, como indicador. Esto fue titulado con una solución de yodo 0.02 N. El contenido de sulfuroso libre fue calculado con la siguiente fórmula:

$$SO_2 \text{ libre } \left( \frac{\text{mg de bióxido de azufre}}{\text{L de vino}} \right) = \frac{(V_t)(N)(peq)(1000)}{V_m}$$

Donde:

$V_t$ = Volumen de solución de yodo empleados para la titulación

N= normalidad de la solución de yodo

Peq= equivalentes del  $SO_2$

$V_m$ = volumen de la muestra de vino

#### 7.4.7 Sulfuroso total

La determinación de sulfuroso total se realizó de acuerdo con la metodología de la NMX-V-027-2019. Se colocaron 25 mL de KOH 1N y 25 mL de vino en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Se tapó el matraz y se dejó reposar durante 15 minutos. Al cabo de este tiempo, se adicionaron 10 mL de  $H_2SO_4$  diluido 1:4 así como 5 mL de solución de almidón al 2% p/v, la cual sirvió como indicador. Todo se tituló con una solución de yodo al 0.02 N. El contenido de sulfuroso total fue calculado con la siguiente fórmula:

$$SO_2 \text{ total } \left( \frac{\text{mg de bióxido de azufre}}{\text{L de vino}} \right) = \frac{(V_t)(N)(Peq)}{V_m}$$

Donde:

$V_t$ = Volumen de solución de yodo empleados para la titulación

N= normalidad de la solución de yodo

Peq= Peso equivalente del  $SO_2$

$V_m$ = volumen de la muestra de vino

### **Etapa 3. Producción de vino espumoso y gasificado y análisis fisicoquímicos, análisis de compuestos volátiles y evaluación sensorial.**

Durante esta parte del experimento se elaboró el vino espumoso iniciando con la preparación del licor de tiraje que contiene la levadura y sacarosa. También se elaboró el vino gasificado. A ambos vinos se les determinaron los parámetros fisicoquímicos que se mencionan en la etapa 2, adicionalmente se les determinó el color. También se determinaron los compuestos volátiles por cromatografía de gases y finalmente se realizó una evaluación sensorial.

#### **7.5 Elaboración de vino espumoso**

Una vez que se obtuvo el vino base, se procedió a la elaboración del vino espumoso. Se inició con la elaboración del licor de tiraje. Inicialmente, se hizo la rehidratación y el acondicionamiento de la levadura. Se emplearon botellas de 200 mL para la segunda fermentación. En la Ilustración 6 se muestra el proceso de elaboración de vino espumoso mediante el método tradicional.

##### ➤ Activación y acondicionamiento de la levadura

La levadura que se usó fue de la marca *Red Star* Champán Pasteur Premier Blanc: *Saccharomyces bayanus*, cepa UCD #595. Es una levadura enológica, entre sus propiedades destaca que es especialmente fuerte con una tolerancia al alcohol muy alta (>16 % Alc. Vol.), baja producción de acetaldehído y acidez volátil, además de tener buena resistencia a bajas temperaturas de fermentación (14°C) y muy bajos requerimientos nutricionales. La activación y acondicionamiento de la levadura se realizó de acuerdo con la ficha técnica de la levadura.

- El tiempo de rehidratación fue entre 20 y 25 minutos, se rehidrató la levadura en 10 veces su peso en una solución de sacarosa al 2% p/v una temperatura entre 38-40 °C durante 20 minutos.

- El acondicionamiento de la levadura rehidratada se llevó a cabo en 3 veces el peso del mosto para adaptarse a su medio de fermentación durante 10 minutos.

- Inoculación de la levadura: Se agregó la levadura a cada botella. La dosis recomendada de acuerdo con la ficha técnica son 0.3 g/L.

Adicional a la levadura se añadió la sacarosa como se indica en la NMX-V-047- 2009 en la cual menciona que la cantidad máxima que puede ser agregada para la segunda fermentación es de 25 g/L de vino.

- Inicio de la segunda fermentación: Se realizó en una cámara ambiental de la marca Scorpion Scientific<sup>MR</sup> con control de temperatura a 14°C de acuerdo con la metodología reportada por Raymond et al., (2020).

La duración de la segunda fermentación suele ser de 6 semanas (Sawyer et al., 2022).

- El periodo de rima tuvo una duración de 5 meses, este fue el tiempo del contacto de las lías con el vino espumoso, esto debido a tiempos del experimento. Al final se continuó con la evaluación fisicoquímica, análisis de compuestos volátiles y finalmente la evaluación sensorial.

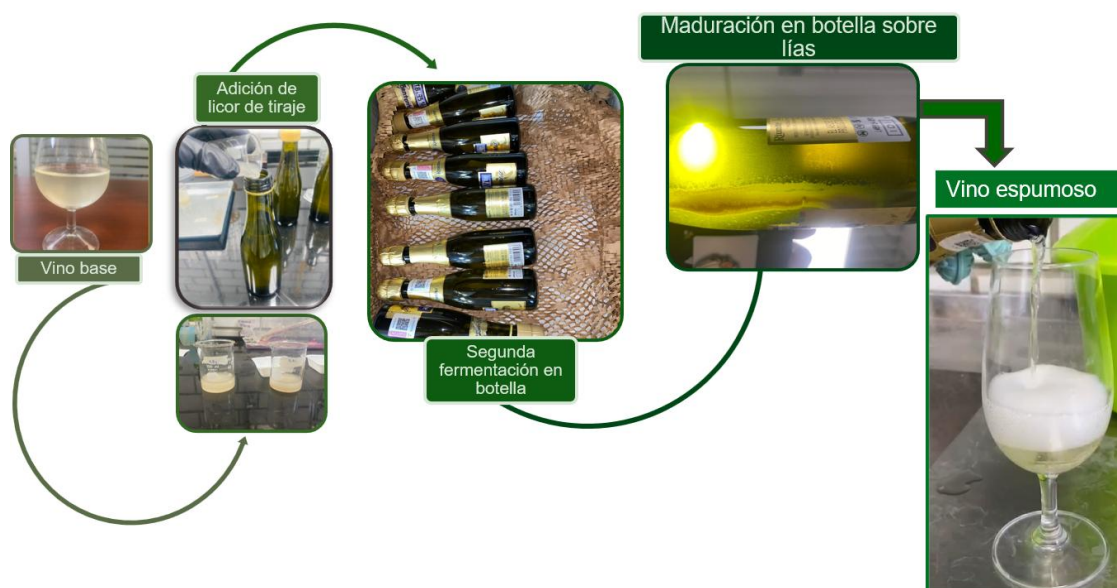


Ilustración 6. Proceso de elaboración de vino espumoso.

## 7.6 Elaboración de vino gasificado



Ilustración 7. Equipo SODASTREAM

El vino base se envasó en botellas de 200 mL y se procedió a la gasificación en un Sistema Sodastream<sup>MR</sup> Modelo Jet que se muestra en la Ilustración 7.

## 7.7 Cuantificación de unidades formadoras de colonias

Para el conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) de *S. bayanus* inoculadas al vino espumoso, se rehidrató 1 g de levadura en 10 mL de agua destilada a 38-40°C durante diez minutos, posteriormente se hicieron diluciones con una solución de NaCl al 0.85 % p/v desde  $10^{-1}$  hasta  $10^{-9}$ . A cada dilución se añadió 1 mL de azul de metileno al 1% p/v, se homogenizó con el uso de un agitador vórtex y se realizó la cuantificación de colonias en un microscopio óptico usando una cámara de Neubauer. La técnica utilizada en el conteo celular (Cecatto-Antonini 2004) se basa en el uso de colorante para identificar las células inactivadas ya que estas permiten el ingreso del colorante a través de los poros formados, permitiendo su identificación y conteo. Es importante indicar que las células inviables fueron aquellas que presentaron coloración azul durante el conteo celular, mientras que las células activas (viables) fueron aquellas que no mostraron tinción.

## **7.8 Análisis de compuestos volátiles: Micro-extracción en fase sólida-Cromatografía de gases**

La determinación de compuestos volátiles que le proporcionan olor y contribuyen con el sabor de los vinos espumosos y gasificados se realizó por cromatografía de gases. Cada análisis se realizó por duplicado

### **7.8.1 Micro-extracción en fase sólida en el espacio de cabeza (HS-SPME)**

La extracción de los compuestos volátiles del vino espumoso y gasificado se realizó mediante la técnica de micro-extracción en fase sólida en el espacio de cabeza de acuerdo con la metodología descrita por Hernández-Carapia et al. (2023).

#### ➤ Preparación de la muestra:

En un vial de vidrio ámbar de 20 mL se añadieron 3g de NaCl, 10 mL de vino previamente desgasificado y una barra magnética; se tapó el vial con cinta teflón y con una tapa metálica de rosca con un septo.

#### ➤ Acondicionamiento de la muestra:

Una vez tapado, el vial fue introducido en un baño de agua a 45 °C, la aguja de acero inoxidable que albergaba la fibra penetró el septo del recipiente de vidrio iniciando la agitación y se dejó un tiempo de equilibrio de 10 minutos.

#### ➤ Inicio de la micro-extracción:

Una vez cumplido el tiempo de equilibrio, la fibra de Polidimetilsiloxano/Divinilbenceno/Carboxen (PDMS/DVB/CARBOXEN) se expuso al espacio de cabeza sobre el vino. Se empleó un tiempo de extracción de 40 minutos a 45°C.

#### ➤ Inyección en el cromatógrafo de gases AGILENT HP-6890:

Una vez concluido el tiempo de extracción, se recogió la fibra y el dispositivo SPME se retiró del vial de muestra de vino y se insertó directamente en el puerto de inyección e inmediatamente fue desorbida durante 10 minutos en el inyector del cromatógrafo de gases.

#### ➤ Condiciones de análisis del cromatógrafo de gases:

Las condiciones de trabajo fueron las siguientes:

- Columna: Agilent HP-5 capilar 30m x 320  $\mu$ m x 0.25  $\mu$ m
- Gas acarreador: Nitrógeno 1mL/min
- Temperatura del inyector: 200°C
- Temperatura del detector: 250°C
- Rampa 5°C/min hasta 220 °C

Modo splitless para la desorción de los compuestos volátiles

### 7.8.2 Identificación de compuestos volátiles por cromatografía de gases

Los compuestos volátiles identificados del vino se muestran en la Tabla 3. Se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases Agilent<sup>MR</sup> 6890 con un detector de ionización de flama (CG-DIF) con las mismas condiciones de análisis del cromatógrafo de gases establecidas en el punto anterior.

Compuesto volátil	Marca	Pureza (%)
Acetato de hexilo	Sigma- Aldrich	99%
Acetato de isoamilo	SAFC Suply Solutions	$\geq$ 97%
Caprilato de etilo	Sigma- Aldrich	99+%
Caprato de etilo	Sigma- Aldrich	99+%
Hexanoato de etilo	Sigma- Aldrich	99%
Acetato de hexilo	Sigma- Aldrich	99%

Tabla 3. Estándares identificados en vino espumoso y gasificado.

## 7.9 Análisis fisicoquímicos

Se realizaron los mismos análisis fisicoquímicos al vino gasificado y espumoso que se mencionan en la etapa 3 para determinar los parámetros finales.

### 7.9.1 Acidez total

Para la acidez total del vino espumoso y gasificado se tomó una muestra de cada vino y se desgasificó, posteriormente se siguió el mismo método empleado para el mosto mencionado en la parte 7.2.1 Acidez total.

### 7.9.2 Azúcares reductores directos

Con respecto a la determinación de azúcares reductores directos en el vino espumoso y gasificado primero se realizó la valoración del reactivo de Fehling. Después se procedió a realizar la determinación en la muestra, se tomó una muestra de cada vino y se desgasificó, posteriormente se siguió el mismo método empleado para el mosto mencionado en la parte 7.2.2 Azúcares reductores directos.

### **7.9.3 Acidez volátil**

En relación con la determinación de acidez volátil se tomó una muestra de cada vino y se desgasificó, posteriormente se determinó por el método volumétrico empleado para el vino base mencionado en la parte 7.4.3 Acidez volátil.

### **7.9.4 Contenido de alcohol**

Se determinó el contenido de alcohol de acuerdo con la metodología empleada para el vino base descrita en la sección 7.4.4 Contenido de alcohol

### **7.9.5 pH**

Se determinó el pH al vino espumoso y gasificado siguiendo la misma metodología que para el mosto descrita en la sección 7.2.3 pH.

### **7.9.6 Sulfuroso libre**

La determinación de sulfuroso libre, se tomó una muestra de cada vino y se desgasificó, posteriormente se determinó por el mismo método que para el del vino base reportado en la sección 7.4.6 Sulfuroso libre

### **7.9.7 Sulfuroso total**

La determinación de sulfuroso libre se realizó de acuerdo con la metodología de la NMX-V-027- (2019). Se tomó una muestra de cada vino y se desgasificó, posteriormente se determinó por el por el mismo método que para el del vino base descrito en la sección 7.4.7 Sulfuroso total.

### **7.9.8 Determinación de color**

Para la determinación de color en el vino se empleó un espectrofotómetro Termo Spectronic<sup>MR</sup> modelo Biomate 3 UV-Visible, se midió a 4 longitudes de onda (450,

520, 570 y 630nm) y se obtuvieron las coordenadas CIE L\*a\*b\* de acuerdo con la metodología reportada por Ayala et al. (1997), los datos se procesaron utilizando el software MSCV. Para los parámetros matiz o tinte (Hue o h) y cromaticidad (C), se determinaron de la siguiente manera:

$$\text{Hue o h} = \arctan (b^*/a^*)$$

$$\text{Cromaticidad o C} = (a^{*2}+b^{*2})^{0.5}$$

### **7.10 Evaluación sensorial**

Para la evaluación sensorial de los vinos se siguió la metodología reportada por Liu et al. (2016), se describió y comparó el perfil sensorial de cuatro vinos (dos espumosos y dos gasificados), primero se realizó un perfil flash para la generación y consenso de atributos, posteriormente se realizó una prueba RATA (Rate-All-That-Apply) para evaluar la intensidad de los atributos obtenidos previamente usando una escala de 5 puntos.

Se evaluaron 4 muestras: vino gasificado comercial, vino espumoso Sauvignon blanc, vino gasificado Sauvignon blanc y vino espumoso comercial. Las botellas se mantuvieron en refrigeración hasta antes de comenzar la prueba sensorial. Las muestras se sirvieron en copas tipo flauta ya que son especiales para servir vino espumoso debido a que ayuda a preservar las burbujas por más tiempo, las copas se etiquetaron con códigos de 3 dígitos. El volumen que se sirvió fue de 25 mL a cada juez a una temperatura de 6°C.

El panel estuvo formado por 10 jueces consumidores frecuentes de vino y con experiencia en su evaluación sensorial.



*Ilustración 8. Copas para evaluación sensorial de vino espumoso y gasificado.*

Durante la fase 1, en la prueba flash, cada juez evaluó las 4 muestras de vino. Se les solicitó que anotaran libremente los atributos que percibieran en cada una de las muestras. Posteriormente se realizó la recolección de los descriptores y se hizo una lista con los atributos más relevantes y otra para la evaluación de la evaluación siguiente.

Fase 2. Aplicación de una prueba RATA. A cada juez se le presentó la lista consensuada de atributos que consistía en 3 secciones, la primera fue la visual, posteriormente de aroma (olfativa) y finalmente sabor y sensación en boca (gustativa). Se entregó un cuestionario por cada muestra en el cual el juez marcó todos los atributos que detectó y les asignó un valor de intensidad en escala de 0 a 5, se entregó un cuestionario por cada muestra. Los datos se capturaron en Excel y posteriormente se analizaron en el programa NCSS donde se hizo un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías para buscar si existen diferencias entre las muestras, y en caso de haber diferencias se realizó una prueba de Tukey-Kramer's LSD (Least Significant Difference test).

## 7.11 Diseño experimental y análisis de datos

Para el análisis de resultados fisicoquímicos, determinación de color se realizó con un análisis de varianza (ANOVA) con base en el siguiente modelo, de acuerdo con Montgomery (2006) es:

$$Y_i = \mu + \alpha_i + \epsilon_i$$

Dónde:

$Y_i$ = parámetros evaluados (Acidez total, acidez volátil, pH, azúcares reductores directos, contenido de alcohol, sulfuroso libre, sulfuroso total y color al  $i$ -ésimo nivel de cada tipo de vino.

$\mu$ = media global del modelo.

$\alpha_i$ = tipo de vino (espumoso y gasificad)

$\epsilon_i$ = error experimental.

Cuando se detectaron diferencias significativas en este análisis, las medias se discriminaron con la prueba de rangos múltiples de Tukey-Kramer's LSD (Least Significant Difference test) ( $p < 0.05$ ). Se utilizó el programa estadístico NCSS 12 (Utah, USA).

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Etapa 1

En esta etapa se realizaron los fisicoquímicos a las uvas Sauvignon blanc para poder elaborar el vino base.

#### 8.1 Análisis fisicoquímicos a la uva

La madurez de las bayas de uva es fundamental para controlar la calidad del mosto y el vino y ésta cambia con la variabilidad de la temporada de crecimiento de un año a otro (Liu et al., 2018). Los resultados fisicoquímicos de la uva Sauvignon blanc se reportan en la Tabla 4. Se observa que el contenido de azúcares reductores directos (ARD) para el mosto 1 y 2 es de 186.3 y 188.7 (g/L) respectivamente, mientras que Esteruelas et al. (2015) reportan valores entre 170 y 180 g/L de azúcar en el mosto empleado para vino cava. Es importante considerar que se deben tener valores bajos

de azúcares ya que en la segunda fermentación aumentará el contenido de alcohol y los vinos espumosos deben ser frescos y ligeros en boca.

Por su parte, Alfonzo et al. (2020) mencionan que los mostos para elaborar vinos espumosos tienen una acidez con un alto contenido de ácido tartárico (aproximadamente 9 g/L) y un pH entre 2.9 y 3.2, y los resultados tanto del mosto 1 como en el mosto 2 muestran una similitud, lo cual nos dice que las uvas fueron cosechadas en la madurez correcta para un mosto de vino espumoso. Las concentraciones de ácidos orgánicos en los mostos de uva son principalmente una función de la madurez de la uva y la variedad (Conde et al., 2007).

<b>Análisis fisicoquímicos</b>	<b>Mosto 1</b>	<b>Mosto 2</b>
Azúcares Reductores Directos (g de glucosa/ L de vino)	186.3 ± 2.0	188.7 ± 1.6
Acidez total (g de ac. tartárico / L de vino)	9.87 ± 0.06	9.73 ± 0.11
pH	3.30 ± 0.02	3.38 ± 0.01

Tabla 4. Análisis fisicoquímicos del mosto

## **Etapá 2**

Una vez establecidas las características fisicoquímicas de las uvas se procedió a la elaboración del vino base. De igual manera se determinaron las características del vino base, además de monitorear la fermentación mediante una cinética.

### **8.2 Análisis fisicoquímicos al vino base**

Los parámetros enológicos del vino base se muestran en la Tabla 5. La acidez y los ácidos orgánicos desempeñan un papel fundamental en la percepción sensorial del vino. Los principales ácidos orgánicos que se encuentran en el vino incluyen ácido tartárico, ácido cítrico, ácido málico, ácido succínico, ácido láctico y ácido acético, siendo el ácido tartárico el más abundante (Cui et al., 2024). En los vinos base de este estudio la acidez total osciló entre 3.7 y 4 g/L, valores que son ligeramente

similares a lo reportado por Torrens et al. (2010) en vinos espumosos cava quienes encontraron un valor de 4 g/L. Durante la fermentación alcohólica, los ácidos sufren cambios relevantes, directa o indirectamente, debido a la actividad metabólica de las levaduras. La concentración de ácido tartárico disminuye lentamente debido a la acumulación de etanol y a la baja temperatura de almacenamiento del vino, lo cual disminuye su solubilidad y conduce a su precipitación como bitartrato de potasio (Mendes & Mendes-Faia., 2020).

Por otro lado, los valores de pH siguen siendo bajos. Cavazzani (1989) reporta que los vinos base destinados a la elaboración de vinos espumosos deben estar en un pH entre 2.9 y 3.3. Cuanto más bajo es el pH, menor es la susceptibilidad de los vinos al deterioro microbiano, adicionalmente un pH bajo mantiene la frescura sensorial necesaria de los vinos espumosos y se ha informado que es factor clave para garantizar la correcta evolución durante el envejecimiento (Zoecklein, 2002).

Los azúcares en las uvas que son predominantes son la glucosa y la fructosa (Kunter et al., 2024). Los microorganismos convierten estos azúcares de las bayas en alcohol etílico y dióxido de carbono. La fermentación alcohólica comienza después de que la glucosa ingresa a la célula de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). La glucosa se descompone en ácido pirúvico, que luego se convierte en dióxido de carbono, etanol y energía para la célula (Jordão et al., 2015). Por ello la concentración final de azúcares reductores directos ya no fue detectable debido a que se agotaron por la fermentación alcohólica que produjo un contenido de etanol final de 9.32 % Alc. Vol. del vino 1 y 9.65 % Alc. Vol. del vino 2. Estos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma NOM-199-SCFI-2017.

Análisis fisicoquímico	Vino 1	Vino 2	NOM-199-2017	
			Mínimo	Máximo
pH	3.44 ± 0.01	3.46 ± 0.01	-	-
Azúcares reductores directos (g de dextrosa/L de vino)	N.D Brut natural	N.D Brut natural	Clasificación del vino por el contenido de azúcares	
Acidez total (g de ácido tartárico/L)	3.7 ± 0.16	4.03 ± 0.11	3.5	9.0
Acidez volátil (g de ácido acético/L)	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.07	-	1.5
Contenido de alcohol (% v/v)	9.29 ± 0.04	9.57 ± 0.06	8	14
Sulfuroso libre (mg/L)	28.16 ± 2.56	23.89 ± 1.48	-	50
Sulfuroso total (mg/L)	31.6 ± 1.5	28.2 ± 2.6	-	350

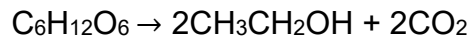
Tabla 5. Análisis fisicoquímico al vino base

Es relevante conocer la acidez volátil ya que va a determinar la cantidad de ácido acético, que es el principal ácido responsable del defecto del vino y puede influir negativamente en la calidad del vino. De acuerdo con la OIV (2010) se establece que el límite máximo aceptable de acidez volátil en la mayoría de los vinos es de 1.2 g/L de ácido acético, pues valores por encima de este límite indican posible presencia de fermentación acética. En los resultados mostrados en la Tabla 5 se puede observar que los valores de acidez volátil están dentro de los parámetros establecidos por la NOM-199-2017.

Ochando et al., (2020) señalan que el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es un importante aditivo en vinos utilizado por sus diversos efectos beneficiosos, incluidos los efectos antimicrobianos, las propiedades antioxidantes y su impacto en el color de los vinos. Es de suma importancia conocer la cantidad de SO<sub>2</sub> permitido en los vinos, ya que en concentraciones altas puede ser perjudicial para la salud. Tanto el vino 1 como el vino 2 ambos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma NOM-199-2017.

### 8.3 Cinética de fermentación del vino base

El proceso metabólico clave durante la elaboración del vino es la fermentación alcohólica: la conversión de azúcares en etanol y dióxido de carbono por la levadura. Liger-Belair y Cilindre (2021) mencionan que el proceso de fermentación fue descrito científicamente por primera vez por el químico francés Joseph-Louis Gay Lussac en 1810, cuando demostró que la glucosa es el componente básico para producir etanol:



La cantidad de etanol generada por esta primera fermentación alcohólica es de aproximadamente el 11 % Alc. Vol. En esta etapa, sigue siendo un vino blanco sin efervescencia, ya que la enorme cantidad de dióxido de carbono gaseoso producido durante la primera fermentación alcohólica (cerca de 50 L de CO<sub>2</sub> gaseoso por litro de mosto) se libera a la atmósfera (Liger-Belair, et al., 2012).

Los valores de la cinética de fermentación del vino 1 se muestran en la Tabla 6 y en la Ilustración 9, y del vino 2 en Tabla 7 y la Ilustración 10. Se puede observar como el consumo de azúcar es proporcional con respecto a la producción de etanol.

Vino 1			
Día	pH	Etanol (% v/v)	ARD (% p/v)
0	3.11	0	18.4
1	3.18	0	18.2
2	3.21	0.93	15.9
3	3.33	2.08	14.6
4	3.29	3.04	12.1
5	3.37	5.1	8.3
6	3.39	6.94	7.4
7	3.29	7.31	5.1
8	3.34	9.12	3.0
9	3.45	9.32	0.0

Tabla 6. Datos de cinética de fermentación de vino 1

Zoecklein et al. (2001), mencionan que durante la fermentación se producen ácido succínico, láctico y acético, además de cantidades muy pequeñas de otros ácidos del ciclo de los tricarbónicos lo cual explica los valores de pH pues tuvo aumentos y

descensos ya que dependía de la etapa del ciclo de los ácidos tricarbóxicos en la concentración de los ácidos.

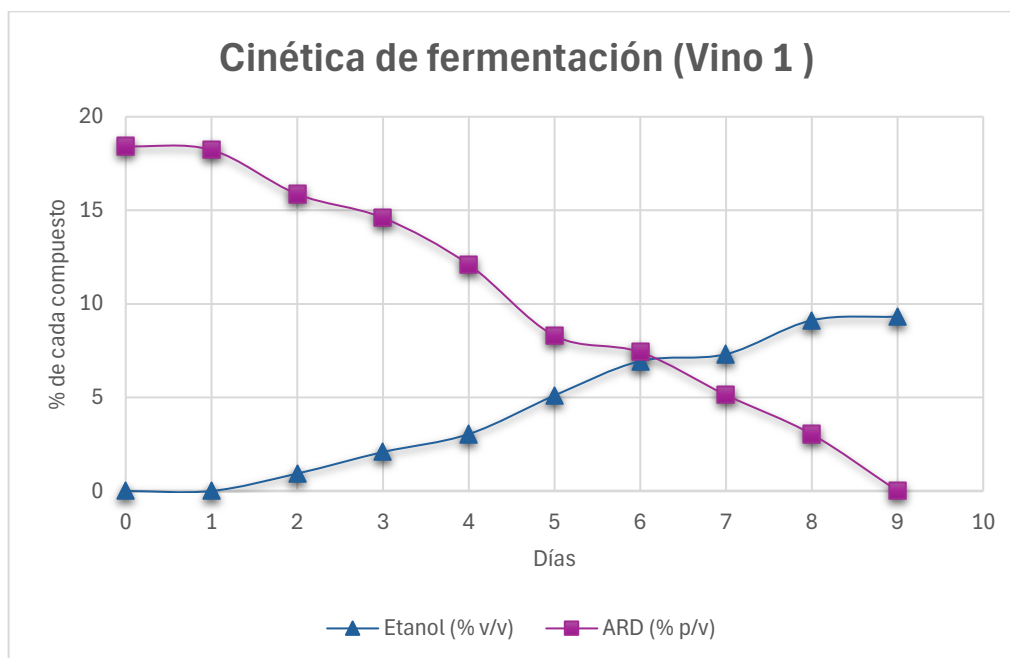


Ilustración 9. Gráfica de cinética de fermentación de vino base 1.

Sharma et al. (2012) en su investigación destacan que la fermentación alcohólica suele producirse de dos formas. En primer lugar, la levadura presente de forma natural en las uvas crece durante las primeras etapas de la fermentación alcohólica, pero su viabilidad disminuye rápidamente debido a la falta de oxígeno y al aumento de los niveles de etanol, y la segunda mediante la inoculación de levaduras seleccionadas. En ambos casos la fase de latencia constituye un período de ajuste en el que una población microbiana dada se adapta a un nuevo medio antes de que comience a crecer exponencialmente (Medawar et al., 2003; Swinnen et al., 2004). Lo anterior explica los valores bajos al día 2 de la fermentación y después de esto hay un aumento considerable debido a que *Saccharomyces cerevisiae* predomina en la fermentación y comienza con la fase exponencial.

Vino 2			
Día	pH	Etanol (%Alc./Vol.)	ARD (%Alc./Vol.)
0	3.35	0	18.7
1	3.39	0	18.0
2	3.41	0	14.4
3	3.21	1.21	14.43
4	3.33	4.74	14.29
5	3.22	5.45	12.8
6	3.32	7.2	9.5
7	3.33	7.75	6.6
8	3.37	8.39	4.1
9	3.37	9.65	0.2

Tabla 7. Datos de cinética de fermentación de vino 2.

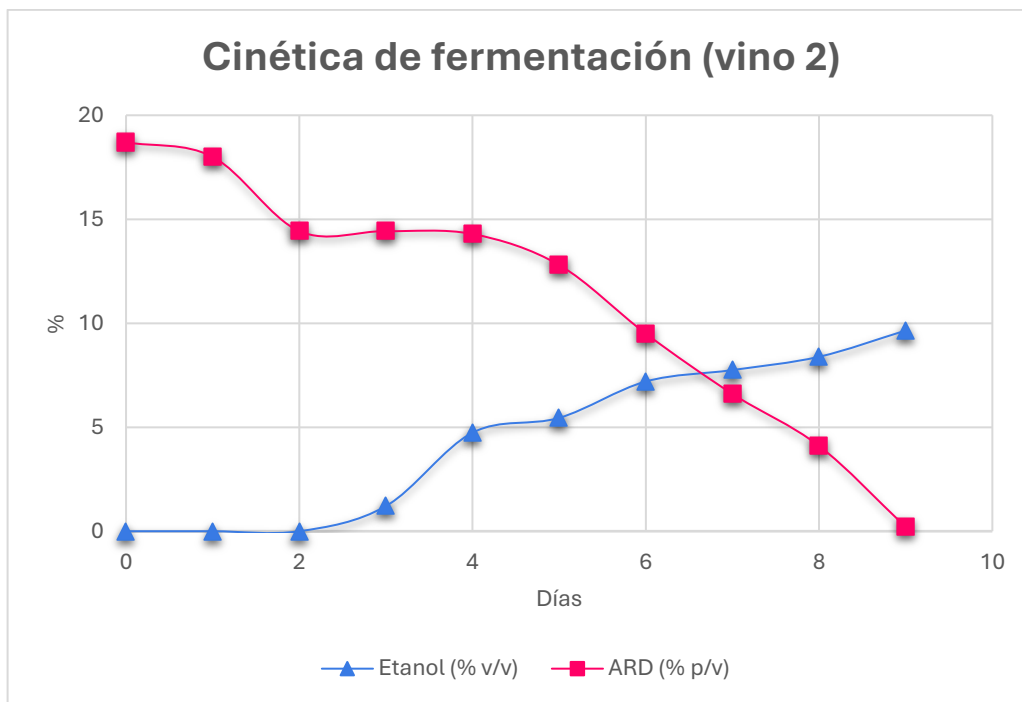


Ilustración 10. Gráfica de cinética de fermentación de vino base 2.

### **Etapas 3**

Durante esta etapa se elaboró el vino gasificado y el vino espumoso, asimismo se analizó la composición volátil mediante micro-extracción en fase sólida.

Para cada vino, se evaluaron tres botellas y todos los análisis se realizaron por triplicado. Los resultados de la sección 8.5 y 8.6 se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y se compararon aplicando la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ), con la ayuda del programa informático NCSS. Los resultados se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar.

#### **8.4 Cuantificación de unidades formadoras de colonias**

La levadura más utilizada durante la segunda fermentación para la elaboración de vinos espumosos es *Saccharomyces bayanus*, la cual fue inoculada en el vino base a una concentración de  $6.6 \times 10^6$  células/mL en cada botella de 0.2 L. Zoecklein (1998) menciona que, para asegurar la segunda fermentación en botella, se debe añadir un mínimo de 1 millón ( $10^6$ ) de células por mililitro a cada botella. Por lo tanto, al utilizar 1g de levadura de *Red Star* Champán Pasteur Premier Blanc se considera una población inicial adecuada para realizar la segunda fermentación.

#### **8.5 Análisis fisicoquímicos al vino gasificado y espumoso**

Los análisis fisicoquímicos realizados al vino gasificado y al vino espumoso se muestran en la Tabla 8 se puede observar que los valores tanto de los vinos gasificados como del vino espumoso se encuentran dentro de los parámetros que establece la NMX-V-047-NORMEX-2009, donde especifica la acidez total, acidez volátil, contenido de alcohol, sulfuroso libre y sulfuroso total. En general, todos los parámetros evaluados estuvieron dentro de los rangos establecidos en la norma antes mencionada. Con respecto al contenido de azúcares reductores directos, los cuatro vinos se consideran brut natural pues el contenido de azúcar en un vino espumoso o gasificado es menor a 5 g/L como lo indica la NMX-V-047-NORMEX-2009.

El pH en el vino gasificado fue de 3.45 y para el vino espumoso fue de 3.33. McMahon (2016) en su estudio obtuvo valores de pH de 3.3. Tener valores bajos de El pH en vinos espumosos tiene importancia debido a que está relacionado con la autólisis de la levadura después de la segunda fermentación, favoreciendo las condiciones autolíticas a un pH 3 a 4 (Kemp et al., 2015). La levadura en el vino espumoso se expone a falta de nutrientes, presencia de dióxido de carbono, alta concentración de alcohol, bajo pH (3.0-3.5) y las bajas temperaturas. Todas ellas, en conjunto son condiciones de almacenamiento que desencadenan la autofagia, que es el proceso catabólico que implica la degradación de macromoléculas dentro de la vacuola o lisosoma, propuesto como un activador del proceso autolítico (Martí-Raga et al., 2015).

Análisis fisicoquímico	Vino gasificado 1	Vino gasificado 2	Vino espumoso 1	Vino espumoso 2	NMX-V-047-NORMEX-2009	
					Mínimo	Máximo
pH	3.46 ± 0.02 <sup>b</sup>	3.44 ± 0.01 <sup>b</sup>	3.33 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.31 ± 0.03 <sup>a</sup>	-	-
Azúcares reductores directos (g de dextrosa/ L de vino)	N. D Brut natural	N.D Brut natural	2.30 ± 0.04 Brut natural	2.33 ± 0.08 Brut natural	Clasificación del vino espumoso y vino gasificado por el contenido de azúcares	
Acidez total (g de ácido tartárico/L)	3.7 ± 0.16 <sup>a</sup>	4.03 ± 0.11 <sup>a</sup>	7.48 ± 0.04 <sup>b</sup>	7.52 ± 0.09 <sup>b</sup>	3.5	9.0
Acidez volátil (g de ácido acético/L)	0.4 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.4 ± 0.06 <sup>a</sup>	-	1.5
Contenido de alcohol (% Alc./Vol.)	9.24 ± 0.04 <sup>a</sup>	9.57 ± 0.06 <sup>a</sup>	10.9 ± 0.31 <sup>b</sup>	11.04 ± 0.75 <sup>b</sup>	8	14
Sulfuroso libre (mg/L)	28.16 ± 2.56 <sup>b</sup>	23.89 ± 1.48 <sup>b</sup>	5.15 ± 0.22 <sup>a</sup>	7.68 ± 0.12 <sup>a</sup>	-	50
Sulfuroso total (mg/L)	60.35 ± 3.9 <sup>b</sup>	68.06 ± 2.51 <sup>b</sup>	17.1 ± 1.32 <sup>a</sup>	19.61 ± 1.46 <sup>a</sup>	-	350
Presión de CO <sub>2</sub> a 293 K (20°C) (kPa)	2.4 ± 0.22 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	4.2 ± 0.01 <sup>b</sup>	4.0 kPa	-

Tabla 8. Análisis fisicoquímicos del vino gasificado y espumoso.

Las letras a y b representan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre el vino gasificado y espumoso.

Ubeda et al. (2019) en el análisis de un vino espumoso obtuvieron en acidez volátil un valor de  $0.18 \pm 0.05$  g/L, y los valores de los vinos gasificados y espumoso se encuentran por debajo de lo reportado. Es importante tener valores bajos de acidez volátil debido a que se refiere principalmente a la presencia de ácidos volátiles como el ácido acético. Si se tienen valores altos es un indicador de que el vino tuvo contaminación por bacterias acéticas y lácticas debido a malas prácticas de vinificación principalmente.

Aunque hay muchos factores que intervienen en la composición química de los vinos espumosos, como la variedad, la segunda fermentación y la crianza del vino con levaduras son los factores clave utilizados para explicar la calidad del vino espumoso ya que ambos eventos están implicados en el carácter distintivo entre los vinos espumosos y los tranquilos (Pozo-Bayón et al., 2009).

Los vinos espumosos presentaron los valores más altos en todos los parámetros fisicoquímicos comparados con los vinos gasificados, encontrándose diferencias significativas en todos estos, exceptuando la acidez volátil. Con respecto al pH, la disminución se debe a que el vino se somete a una segunda fermentación lo cual quiere decir que se vuelven a formar ciertos compuestos tal como se discutió anteriormente en la sección 8.2.

Los valores elevados de acidez total observados en el vino espumoso pueden atribuirse a la segunda fermentación, etapa en la que se generan nuevos ácidos orgánicos. Estos ácidos de bajo peso molecular son componentes esenciales del vino, ya que algunos se originan en la uva y otros se forman durante los procesos fermentativos por reacciones bioquímicas. Entre ellos, los ácidos tartárico, glucónico, málico y cítrico provienen de la uva, mientras que los ácidos succínico, fumárico, láctico y acético se originan principalmente durante la vinificación (Chidi et al., 2015).

Adicionalmente, esta disminución en pH y el aumento de la acidez total se atribuye a la lisis celular, proceso durante el cual se liberan diversos compuestos derivados de la levadura incluyen material citoplasmático (aminoácidos, péptidos, ácidos grasos y nucleótidos) y componentes de la pared celular (proteínas, manoproteínas y polisacáridos) (Gnoinski et al., 2021).

El contenido de alcohol tuvo un ligero aumento en los vinos espumosos, lo cual era de esperarse por la segunda fermentación que se realizó. Además, para fermentaciones a baja temperatura, como las de los vinos base espumosos, 16 g/L de azúcar aproximadamente aportan un 1 % del volumen de alcohol al vino (Kemp et al., 2015).

Con respecto al contenido de CO<sub>2</sub> en el vino espumoso, este se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NMX-V-047-NORMEX-2009. Siguiendo la ecuación de la fermentación anteriormente mencionada en la sección 8.3, al ser añadidos 24 g/L de azúcar en botellas cerradas para promover la segunda fermentación alcohólica se producen teóricamente un aproximado de 11.8 g de CO<sub>2</sub> por litro de vino. Por lo tanto, la concentración de CO<sub>2</sub> disuelto en el vino espumoso (en g/L) es aproximadamente equivalente a la mitad de la concentración de azúcar (en g/L) añadida al vino base para promover el *prise de mousse*. Finalmente, una botella de vino espumoso estándar de 750 mL contiene cerca de 9 g de moléculas de CO<sub>2</sub> disueltas. Utilizando la masa molar de CO<sub>2</sub> (44 g/mol) y el volumen molar de un gas ideal (cerca de 24 L/mol a 12 °C), se puede deducir que alrededor de 5 L de CO<sub>2</sub> gaseoso están atrapados en una sola botella de champán (Liger-Belair et al., 2012).

## 8.6 Determinación de color

En la Tabla 9 se muestran los parámetros de color en los vinos experimentales. El vino es una matriz compleja cuya composición cambia continuamente durante el almacenamiento dependiendo de muchos factores, como la exposición al oxígeno, a la luz, a la temperatura y la duración del almacenamiento (Pati et al., 2019). Para

el caso del vino espumoso, es un tipo de vino característico por envejecer sobre lías en donde ocurren diversos cambios como el color el cual podemos ver las diferencias significativas entre el vino gasificado con respecto al vino espumoso en todos los parámetros evaluados de color como L\*, a\*, b\*, C y H°. De estos el parámetro L\* mide la luminosidad de las muestras de vino, la cual podemos ver como disminuyó en los vinos espumosos, es decir los vinos gasificados fueron más luminosos con valores de L de hasta 97.9. Miliordos et al. (2025) tuvieron valores entre 98 y 99 para el parámetro L en vinos base.

El color de un vino espumoso depende en gran medida de las variedades de uva utilizadas en su elaboración. El amarillo dorado es típico de los vinos elaborados con uvas blancas (blanc de blancs), sin embargo, en los vinos espumosos, el color parece depender principalmente de los compuestos fenólicos y de las reacciones de oxidación en las que participan. La tendencia al pardeamiento durante la crianza puede depender del contenido fenólico o del estado oxidativo del vino base utilizado inicialmente (Buxaderas y López-Tamames, 2012).

En la variedad de uva podemos encontrar algunos compuestos fenólicos, como los ácidos hidroxicinámicos que son las formas más abundantes en vinos blancos, son compuestos incoloros y pueden intervenir en reacciones redox, generando compuestos de color amarillo-marrón.

Muestra	L*	a*	b*	C	H°
Vino gasificado 1	97.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	0.50 ± 0.1 <sup>a</sup>	3.20 ± 0.2 <sup>a</sup>	3.33 ± 0.2 <sup>a</sup>	81.3 ± 1.4 <sup>a</sup>
Vino gasificado 2	96.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	0.70 ± 0.3 <sup>a</sup>	4.10 ± 0.5 <sup>a</sup>	4.1 ± 0.5 <sup>a</sup>	80.5 ± 3.6 <sup>a</sup>
Vino espumoso 1	95.6 ± 0.2 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>b</sup>	9.2 ± 0.4 <sup>b</sup>	9.3 ± 0.4 <sup>b</sup>	85.5 ± 0.6 <sup>b</sup>
Vino espumoso 2	95.7 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.2 ± 0.1 <sup>b</sup>	8.8 ± 0.8 <sup>b</sup>	8.9 ± 0.8 <sup>b</sup>	82.4 ± 1.5 <sup>b</sup>

Tabla 9. Parámetro de color de vino gasificado y espumoso.

Las letras A y B en cada columna representan diferencias significativas (p < 0.05) entre tipo de vino de acuerdo con el tipo de gasificación.



*Ilustración 11. Color de vinos Sauvignon blanc gasificado y espumoso (Software MCSV).*



*Ilustración 12. Vino Sauvignon blanc gasificado*



*Ilustración 13. Vino Sauvignon blanc espumoso*

### **8.7 Análisis de compuestos volátiles**

El análisis del vino espumoso y gasificado por cromatografía de gases permitió la separación y detección de compuestos volátiles, fundamentales para la expresión sensorial de esta bebida.

En el cromatograma de la Ilustración 14 se muestran 16 picos correspondientes a compuestos volátiles presentes en el vino espumoso y en el cromatograma de la Ilustración 15 del vino gasificado 19 picos que se describen a continuación. Cabe mencionar que tiene menos picos en el vino espumoso resaltando que la

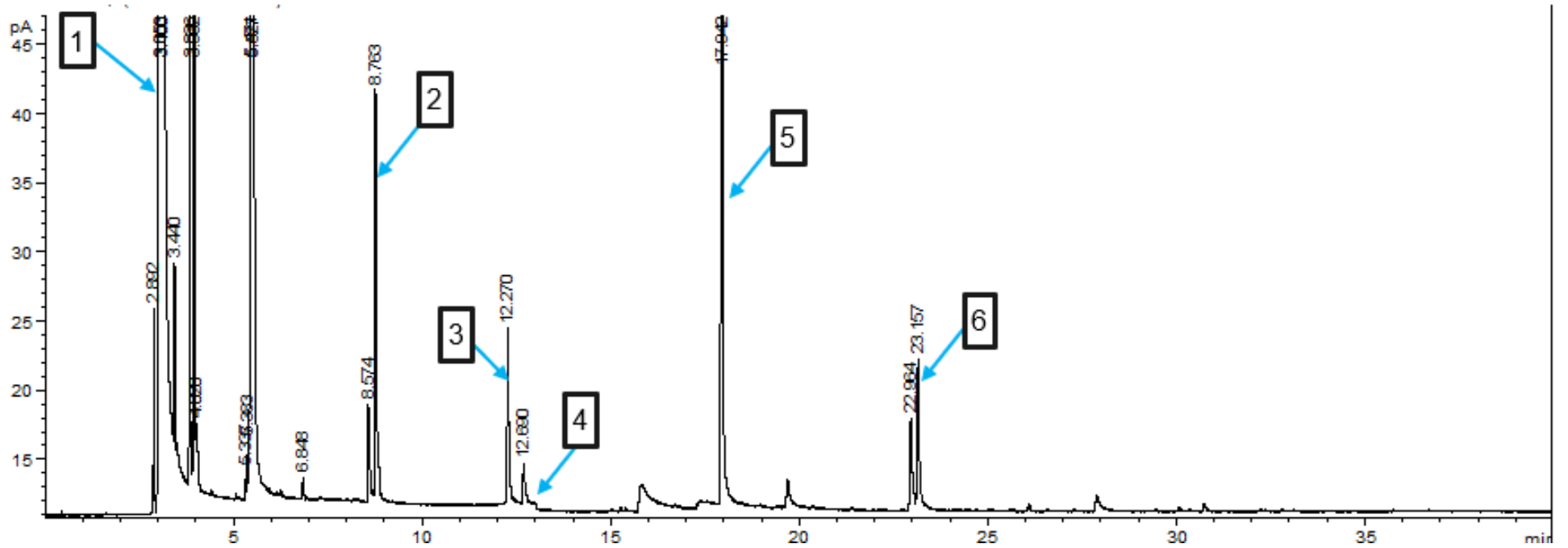


Ilustración 14. Cromatograma Vino espumoso

1) Etanol

2) Acetato de isoamilo

3) Hexanoato de etilo

4) Acetato de hexilo

5) Caprilato de etilo

6) Caprato de etil

cantidad de un compuesto en particular, o incluso su ausencia, depende de diversos factores relacionados con la uva (variedad y condiciones de cultivo), las condiciones de vinificación (estado de las uvas, fermentación, cepa de levadura) y los tratamientos postfermentativos (crianza y almacenamiento) (Soares et al. 2015), en este caso se le atribuye a la segunda fermentación.

El perfil volátil juega un papel importante en la calidad de los vinos espumosos, ya que determina las características olfativas del producto y, por tanto, las preferencias del consumidor, sin embargo, muchos factores influyen en el perfil volátil de los vinos espumosos, incluido el método de producción, la variedad de uva, el método de producción del vino base, el origen de la uva, la cepa de levadura, los períodos de envejecimiento y el contacto con las lías (Slaghenaufer et al., 2023).

De los picos en los cromatogramas mencionados anteriormente se lograron identificar 6 compuestos, los cuales se muestran en la Tabla 10, en donde también se indican los tiempos de retención.

<b>Compuestos volátiles</b>	<b>Tiempo de retención (min)</b>
Etanol	3.064
Acetato de isoamilo	8.791
Hexanoato de etilo	12.273
Acetato de hexilo	12.705
Caprilato de etilo (Octanoato de etilo)	17.952
Caprato de etilo (Decanoato de etilo)	23.173

*Tabla 10. Tiempos de retención*

Como se ha mencionado, el método tradicional empleado para la elaboración de vinos espumosos consiste en dos fermentaciones. La fermentación secundaria

generalmente se completa en dos o tres meses, posteriormente la autólisis comienza entre dos y cuatro meses después del tiraje. La inanición de la levadura inducida por la falta de nutrientes, la presencia de dióxido de carbono, la alta concentración de alcohol, el bajo pH (3.0-3.5) y las bajas temperaturas (15 °C) de almacenamiento desencadenan la autofagia (Gnoinski et al., 2021). Sin embargo, el vino espumoso Sauvignon blanc estuvo en contacto con las lías durante un periodo de cuatro meses, por lo que es probable que la autólisis se encontrara aún en sus primeras etapas. En esta fase inicial, puede ocurrir la autofagia, un proceso catabólico que implica la degradación de macromoléculas dentro de la vacuola o lisosoma y que ha sido propuesto como precursor o activador del proceso autolítico (Martí-Raga et al., 2016).

La autólisis es el proceso de degradación de las estructuras celulares eucariotas que involucra enzimas hidrolíticas que degradan los componentes celulares, liberando al medio sustancias como aminoácidos, péptidos, lípidos, nucleótidos, polisacáridos y manoproteínas, las cuales modifican la composición final y, en consecuencia, los atributos sensoriales del vino espumoso (Kemp et al., 2015).

Los ésteres se encuentran en el vino a través de las reacciones entre alcoholes y ácidos grasos, y los que produce la levadura pueden clasificarse en ésteres de acetato y ésteres de etilo (Swiegers, et al., 2006). Los primeros se derivan de la reacción de acetyl-CoA con alcoholes superiores formados por la degradación de aminoácidos o carbohidratos (Caliari et al., 2014). En el tiempo de retención 8.791 min (ver Tabla 10) se identificó al acetato de isoamilo que es ampliamente reconocido por su aroma característico a plátano, y pueden percibirse incluso a bajas concentraciones. Este compuesto es uno de los responsables de las notas frutales.

El hexanoato de etilo tuvo un tiempo de retención de 12.705. Este compuesto es responsable de las notas aromáticas de manzana verde en los vinos (Caliari et al., 2014). Por otro lado, en el tiempo de retención 12.705 min se encontró al acetato

de hexilo en ambos vinos y es un compuesto agradable, relacionado con el aroma a frutos rojos (Guerrini et al., 2020)

Los ésteres etílicos de ácidos grasos de cadena media que se identificaron fueron: el etil caprato (etil decanoato) tiempo de retención 23.173 min aroma floral, el etil caprilato (etil octanoato) tiempo de retención 17.952 min con aroma frutal, similar a naranja, piña o frutas tropicales. La mayoría de los ésteres representan subproductos de la acción metabólica de la levadura, con un mayor contenido en el vino después de que la división celular se ha ralentizado o esencialmente cesado (Cotea et al., 2021).

<b>Compuestos volátiles</b>	<b>Descriptor de olor</b>
Acetato de isoamilo	plátano
Hexanoato de etilo	anís/fresa/afrutado/manzana verde
Acetato de hexilo	fruta cítrica/frutos rojos
Caprilato de etilo (Octanoato de etilo)	afrutado/floral
Caprato de etilo (Decanoato de etilo)	cítrico/hierba

*Tabla 11. Descriptores de olor de los compuestos volátiles (Ubeda et al., 2019)*

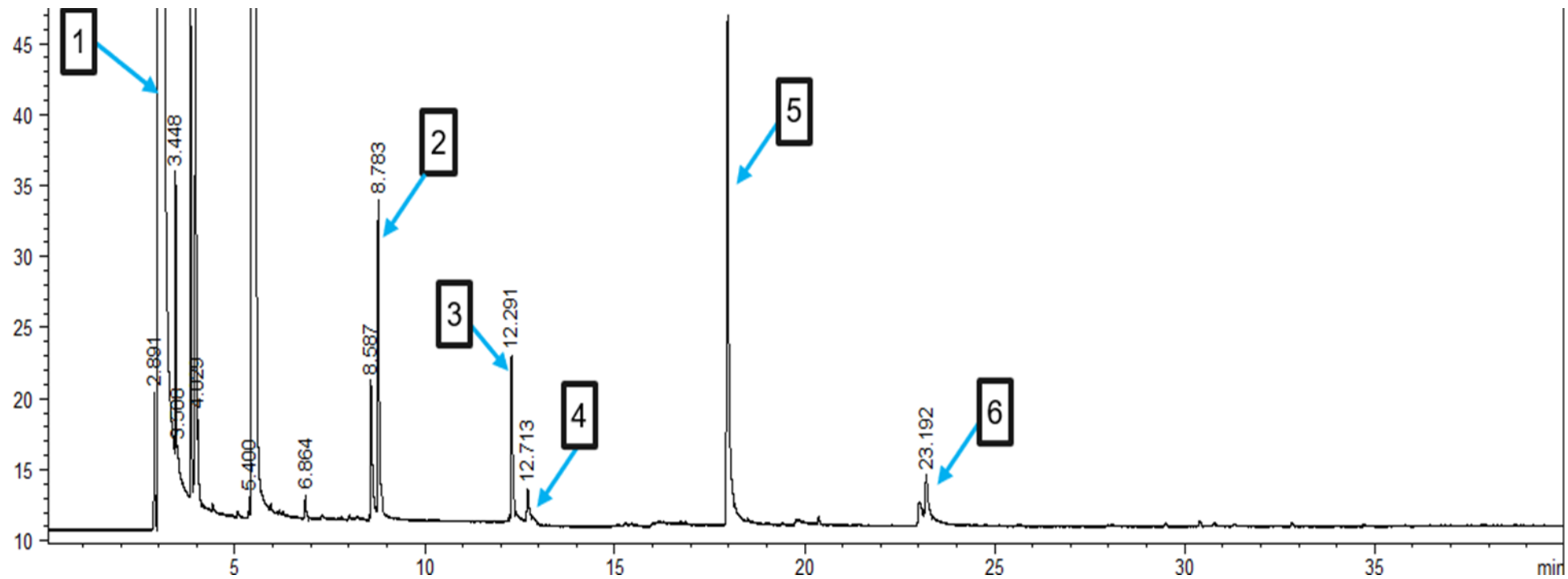


Ilustración 15. Cromatograma de vino gasificado Sauvignon blanc

1) Etanol

2) Acetato de isoamilo

3) Hexanoato de etilo

4) Acetato de hexilo

5) Caprilato de etilo

6) Caprato de etilo

## 8.8 Análisis sensorial

En la evaluación sensorial se caracterizó y comparó el perfil sensorial del vino espumoso con respecto del gasificado, ambos de la variedad Sauvignon blanc. En la prueba se incluyó un vino espumoso y un gasificado, ambos comerciales, para establecer referencias sensoriales contrastantes que sirvieran como puntos de comparación con respecto a los vinos experimentales.

En la primera etapa se aplicó una prueba “flash” (ver 11.1 Anexo 1) a 10 jueces, con experiencia en análisis sensorial y consumidores frecuentes de vino, quienes realizaron una generación libre de descriptores basada en sus percepciones. Posteriormente, se hizo una depuración y agrupación de términos. Se definieron un total de 28 descriptores (7 visuales, 14 de aroma y 7 en sabor y sensación en boca) que sirvieron como base para una evaluación más estructurada.

En la segunda etapa se aplicó la metodología RATA (Rate-All-That-Apply) descrita por Franco-Luesma et al., (2016) en donde los jueces evaluaron tanto la presencia como la intensidad de los atributos previamente consensuados, se utilizó una escala de 5 puntos, donde 1 se representó la intensidad más baja y 5 la intensidad más alta. Esta estrategia permitió no solo identificar la presencia de características sensoriales distintivas entre las muestras, sino también cuantificar su intensidad percibida.

Las muestras evaluadas (ver 11.2 Anexo 2) fueron codificadas de manera aleatoria; vino gasificado comercial (237), vino espumoso Sauvignon blanc (804), vino gasificado Sauvignon blanc (591), y vino espumoso comercial (426).

Se realizó un análisis estadístico ANOVA de dos vías. Se realizó la prueba Tukey-Kramer después de que el ANOVA resultara significativo ( $p < 0.05$ ) para detectar las diferencias entre los vinos.

Visual							
Muestra	Brillo	Limpidez	Turbidez	Color	Presencia de burbujas	Formación de corona de burbujas	Tamaño de burbuja
237	3.9±0.99	4.6±0.51	1.4±0.69	1±0	2.9±0.73	2.3±0.82	2.8±1.13
804	2.4±0.96	3.4±1.07	2.4±1.17	1.9±0.99	2.9±0.87	2.3±1.63	1.8±0.78
591	3.6±0.96	3.6±1.07	1.9±0.99	1.8±1.47	3.7±1.25	3.6±1.5	3±1.49
426	4.7±0.48	4.4±0.69	1.1±0.73	3.2±1.54	4.1±0.56	3.6±1.07	2.4±1.26

Tabla 12. Promedios de los parámetros visuales.

Codificación 237 (vino gasificado comercial), 804 (vino espumoso Sauvignon blanc), 591 (vino gasificado Sauvignon blanc), y 426 (vino espumoso comercial).

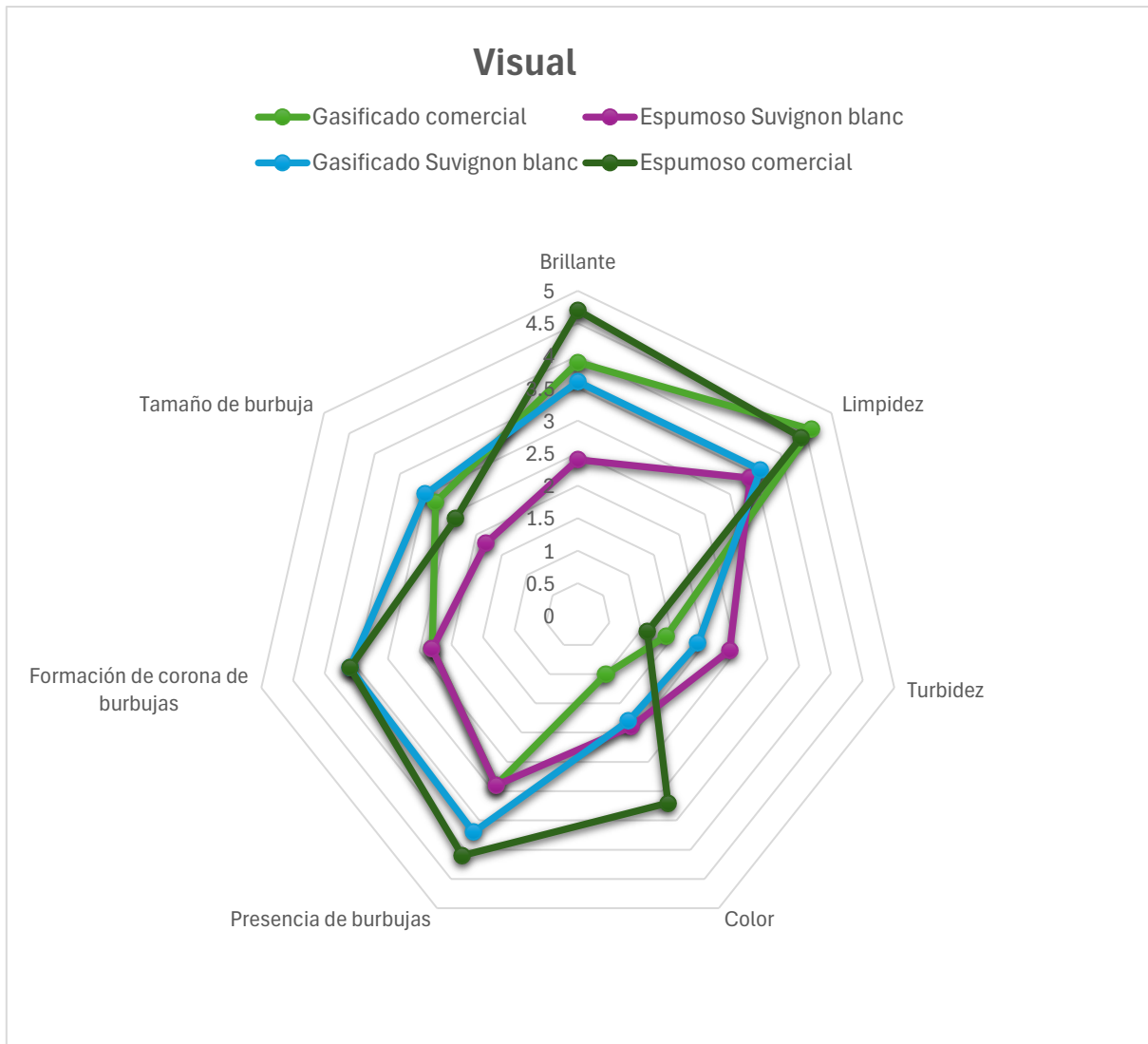


Ilustración 16. Gráfico radial de parámetros visuales

En el parámetro visual de las muestras (Ilustración 16 y Tabla 12) se observan los atributos asociados con la calidad visual de los vinos espumosos. De acuerdo con el análisis ANOVA no se encontraron diferencias significativas en el tamaño de burbuja. Lo que sugiere que este parámetro no se ve afectado por el tipo de gasificación. En contraste el ANOVA mostró diferencias estadísticamente significativas con valores de  $p < 0.05$  (ver Anexo 3) en los atributos brillo, limpidez, turbidez, color, presencia de burbujas y formación de corona.

Las muestras de vino espumoso comercial (426) y vino gasificado comercial (237) presentaron diferencias significativas en brillante y limpidez donde exhibieron los puntajes mayores lo que sugiere un proceso de clarificación y filtración eficiente, típico de productos comerciales estandarizados. Este aspecto es coherente con prácticas industriales que priorizan la presentación visual para el consumidor. En contraste, el vino espumoso Sauvignon Blanc (804), de elaboración experimental mostró valores más bajos en brillantez y limpidez. Esta diferencia puede atribuirse principalmente por la ausencia de degüelle lo que provocó suspensión de levaduras en el producto final reduciendo la limpidez y aumentando la turbidez del vino.

De acuerdo con la prueba Tukey-Kramer (ver Anexo 3) se detectó que el vino espumoso Sauvignon blanc (804) es significativamente diferente con respecto a los otros tres vinos siendo el menos brillante. Por otro lado, el vino gasificado Sauvignon blanc (591) y el vino gasificado comercial (237) mostraron valores intermedios y no presentaron diferencias significativas entre sí, lo que indica un comportamiento visual similar en este atributo. Con respecto al atributo de limpidez la prueba de Tukey-Kramer mostró que los vinos comerciales tanto gasificado (237) como espumoso (426) mostraron los valores más altos debido a que su proceso está estandarizado. En contraste los vinos elaborados con Sauvignon blanc, vino espumoso (804) y vino gasificado (591) tuvieron las puntuaciones más bajas diferenciándose de los vinos comerciales. Para el atributo turbidez la prueba Tukey-Kramer mostró que el vino espumoso Sauvignon blanc (804) alcanzó el valor más alto, en comparación con los vinos comerciales espumoso (426) y gasificado (237)

lo cual podría estar asociado con la presencia de levaduras en suspensión o con la liberación de macromoléculas derivadas de la autólisis, procesos característicos del método tradicional (Pons-Mercadé et al., 2022)

Se observaron diferencias significativas en el color entre los vinos espumosos elaborados con Sauvignon blanc y los comerciales. El vino espumoso comercial (426) presentó tonalidades más intensas (amarillo medio a oro pálido), mientras que los vinos de Sauvignon blanc tuvieron colores más claros (pajizo pálido a pajizo profundo). Estas diferencias se relacionan principalmente con el proceso de elaboración de cada muestra. El vino espumoso comercial, sometido a un proceso completo de crianza sobre lías y degüelle, presentó un color más evolucionado y estable. Durante la crianza, la autólisis de las levaduras libera compuestos nitrogenados y polisacáridos que pueden influir en la intensidad del color, otorgando matices amarillos más profundos y dorados (Pozo-Bayón et al., 2009). Por el contrario, el vino espumoso y gasificado de Sauvignon blanc elaborados en laboratorio (804 y 591) no fueron sometidos a degüelle ni filtración final, por lo que mantuvieron residuos de levaduras y sedimentos en suspensión, lo cual generó un color más pálido y menos brillante. Esta falta de limpieza óptica y la limitada exposición a la autólisis explican su tonalidad más clara, cercana al rango de pajizo pálido.

Con respecto al atributo de color en la prueba Tukey-Kramer, se observa que el vino espumoso Sauvignon blanc (804) y el vino gasificado Sauvignon blanc (591) difieren únicamente del vino espumoso comercial (426) lo que sugiere que el tipo de vino base influyó más en la percepción del color que el método de gasificación.

Se encontraron diferencias significativas en el ANOVA en términos de presencia y formación de burbujas donde el vino espumoso comercial destacó nuevamente debido a la presión interna estable y al tiempo de maduración. En contraste el vino espumoso Sauvignon blanc presentó una formación irregular de burbujas y una corona poco definida, posiblemente afectada por la heterogeneidad del sedimento y la falta de clarificación post-fermentativa y el tipo de botella empleada.

La prueba de Tukey-Kramer para el atributo de presencia de burbujas (ver Tabla 19) y para formación de corona de burbujas (ver Tabla 20) indicó que el vino espumoso comercial (426) es distinto al vino gasificado comercial (237) y al vino espumoso Sauvignon blanc (804), lo cual posiblemente sea debido a una mejor saturación de CO<sub>2</sub> y una distribución más homogénea de burbujas finas.

La composición aromática es esencial para evaluar la complejidad y calidad de un vino espumoso (de Souza et al., 2026). Se evaluaron 14 atributos aromáticos (Ilustración 17 y Tabla 13) relevantes para vinos espumosos y gasificados. Para los atributos de aroma el ANOVA mostró diferencias estadísticamente significativas con valores de  $p < 0.05$  solo en aroma frutal siendo el vino gasificado comercial (237) tuvo mayor puntuación, por otro lado, el vino espumoso Sauvignon blanc (804) y el vino gasificado Sauvignon blanc (591) obtuvieron valores intermedios sin diferir significativamente entre sí. Esto sugiere que ambos conservan características aromáticas propias de la variedad Sauvignon blanc.

La prueba Tukey-Kramer mostró que el vino gasificado comercial (237) es diferente al vino espumoso comercial (426). Esto podría deberse a que la variedad con la que fue hecho aporta más aromas frutales, aunque no estaba especificada en la etiqueta.

Es importante mencionar que para el caso del atributo lichi y mango (aroma), los jueces percibieron una mayor intensidad en estos descriptores, pero estrictamente el análisis estadístico no mostró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las muestras. Esta discrepancia podría deberse a que, si bien los jueces eran consumidores frecuentes o contaban con experiencia previa, no estaban entrenados, esto pudo generar una variabilidad en las evaluaciones y reducir la sensibilidad del análisis estadístico. Esta parte se podría mejorar si se usa un panel entrenado y calibrado, que permita una evaluación más precisa de los descriptores aromáticos.

En conjunto, los resultados evidencian que el tipo de gasificación y el grado de intervención tecnológica influyen significativamente en la expresión aromática frutal de los vinos.

Muestra	Aroma													
	Cítricos	Frutal	Fermentado	Floral	Especias	Plátano	Herbáceo	Madera	Dulce	Frutos secos	Piña	Vainilla	Alcohol	Lichi y mango
237	2±1.56	4.2±0.78	2.4±1.64	2.1±1.66	0.8±1.31	1.3±1.41	1.4±1.07	0.7±0.94	1.6±1.5	1.5±1.5	1.5±1.64	1.3±1.05	1.1±1.19	1.6±1.71
804	2.1±1.37	3.1±0.99	2.7±1.33	1.6±1.34	1.3±1.41	0.8±1.03	1.9±1.59	0.9±1.28	2.1±1.28	1.4±1.34	1.3±0.82	0.8±1.03	2±1.41	2.9±1.59
591	1±1.05	3.7±1.25	2±1.56	2±1.41	0.8±0.91	1.8±1.87	1±1.15	0.9±0.87	1.8±1.75	1.6±1.26	1.3±1.25	0.8±1.03	1.8±1.47	1.1±1.19
426	1.6±1.57	2.9±1.19	2.1±1.28	1.9±1.72	1.1±1.28	0.7±0.82	1.6±1.57	0.5±0.7	1.9±1.1	1.4±1.26	1.5±1.5	1.1±1.1	1.6±1.34	1.6±1.57

Tabla 13. Promedios aroma.

Codificación 237 (vino gasificado comercial), 804 (vino espumoso Sauvignon blanc), 591 (vino gasificado Sauvignon blanc), y 426 (vino espumoso comercial).

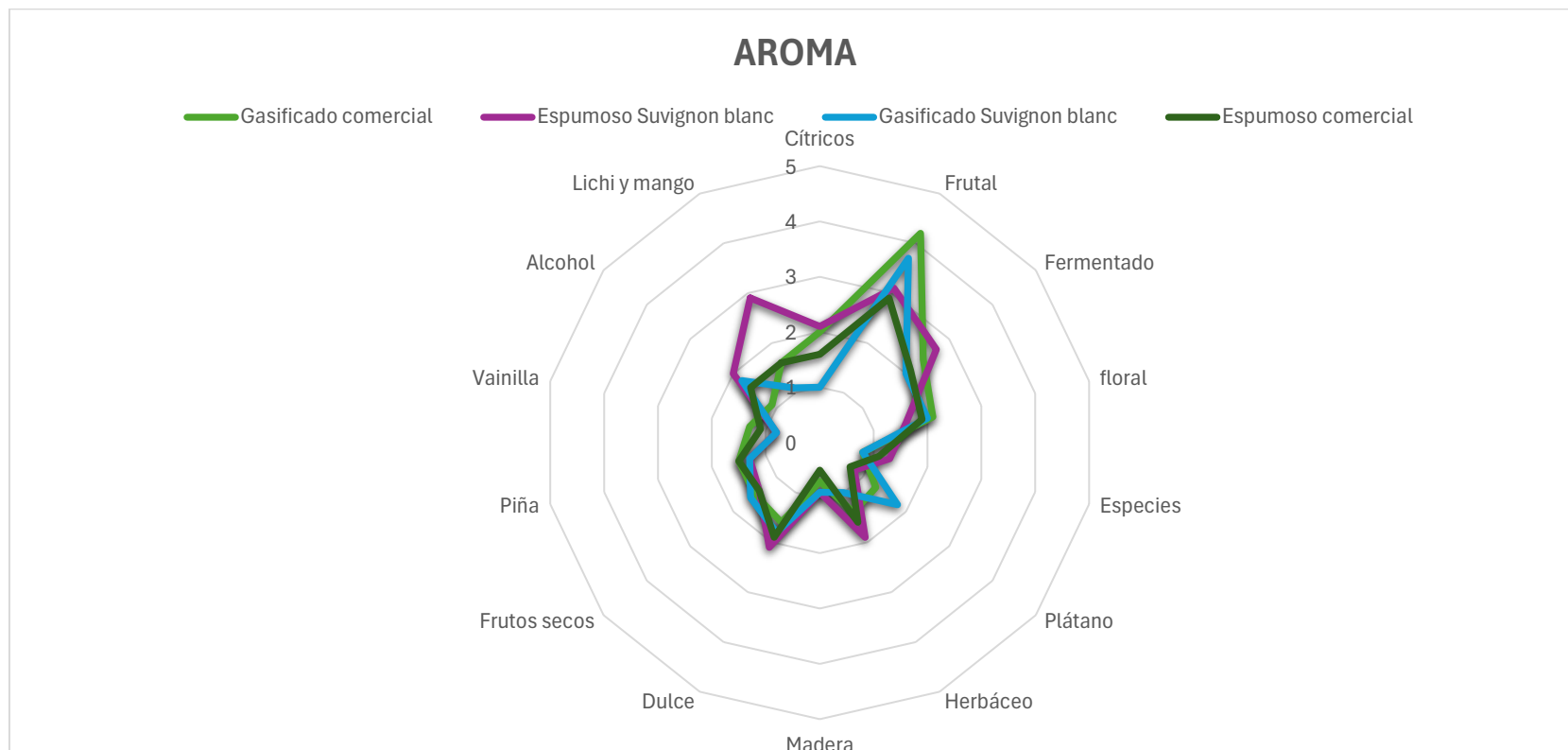


Ilustración 17 Gráfico radial de parámetros de aroma.

El gasificado Sauvignon blanc, a pesar de estar elaborado con la misma variedad que el espumoso Sauvignon blanc, no replicó su perfil aromático, lo cual refuerza la importancia del método de elaboración sobre la expresión sensorial final.

Sabor y sensación en boca							
Muestra	Acidez	Astringencia	Amargor	Dulzor	Permanencia de burbujas	Efervescencia	Retrogusto
237	3.8±1.31	2.6±1.17	1.8±1.61	2.1±1.1	2.3±1.33	2.8±1.68	2.9±1.44
804	4±0.81	2.4±1.42	2.3±1.88	1.7±0.82	2.5±1.17	2.7±1.33	3.3±0.67
591	3.3±1.05	2.4±0.96	2.4±1.42	2.2±1.22	3.3±1.25	3.2±1.31	3.6±1.07
426	2±1.41	2±0	1.5±0.7	2.5±0.7	2.5±0.7	2.5±2.12	3±0

Tabla 14. Promedios sabor y sensación en boca.

Codificación 237 (vino gasificado comercial), 804 (vino espumoso Sauvignon blanc), 591 (vino gasificado Sauvignon blanc), y 426 (vino espumoso comercial).

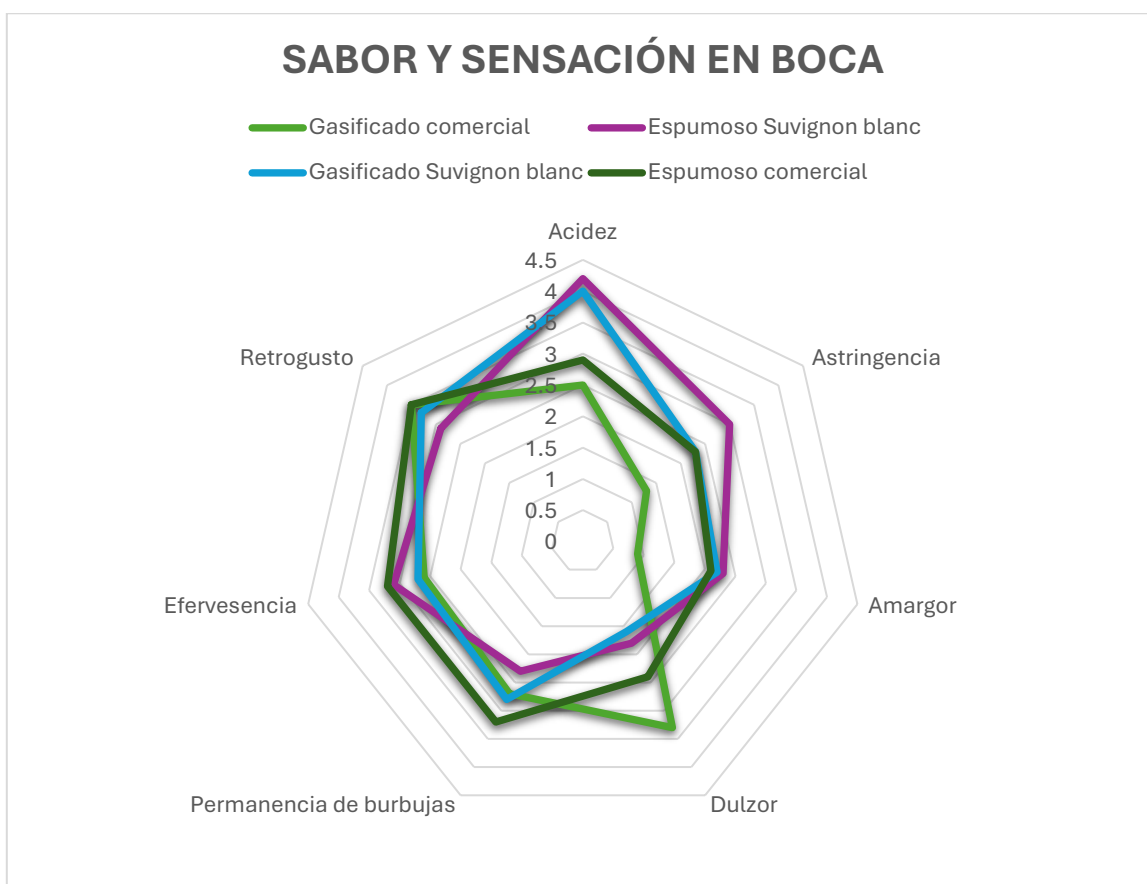


Ilustración 18. Gráfico radial de parámetros de sabor y sensación en boca

Por último, para los atributos de sabor y sensación en boca el ANOVA mostró diferencias estadísticamente significativas con valores de  $p < 0.05$  en acidez, astringencia y dulzor. El sabor y la sensación en boca en vinos espumosos (Ilustración 18 y Tabla 14) permite evaluar la armonía entre atributos que son elementos determinantes para la calidad enológica.

El vino espumoso Sauvignon blanc (804) y vino gasificado Sauvignon blanc (591) presentan las puntuaciones más altas para acidez que contribuye positivamente a la frescura y persistencia (Vion et al., 2024). En el atributo del sabor, en el resultado de la prueba de Tukey-Kramer se observa que los vinos Sauvignon blanc espumoso (804) y gasificado (591) se percibieron como más ácidos o frescos, con respecto a los comerciales lo cual concuerda con el perfil natural de esta variedad, caracterizada por su elevada acidez total.

Además, en el vino espumoso Sauvignon blanc (804) se observa una presencia mayor de astringencia y amargor que puede atribuirse a la interacción de polifenoles derivados de la crianza sobre lías (Mazauric, y Salmon., 2005). La prueba de Tukey-Kramer para el atributo de astringencia mostró que el vino gasificado es diferente al vino gasificado Sauvignon blanc (591) y a los vinos espumosos Sauvignon blanc (804) y al vino comercial (426), estos resultados sugieren que los vinos Sauvignon blanc presentan mayor astringencia, probablemente asociada a un contenido más elevado de compuestos fenólicos (Williams et al., 2025)

El dulzor, más elevado en el vino gasificado comercial (237), sugiere un contenido de azúcar residual intencional, orientado a un semidulce, típico de vinos gasificados orientados al consumo masivo. Este dulzor contrasta con los niveles más bajos de amargor y astringencia en la misma muestra, generando un perfil suave pero menos complejo. Finalmente, la prueba de Tukey-Kramer para el atributo de dulzor mostró que el vino espumoso comercial con valor más alto es diferente de los vinos Sauvignon blanc gasificado (591) y espumoso (804) lo cuál era de esperarse ya que los vinos Sauvignon blanc son brut por lo tanto el contenido de azúcar es casi nulo.

En general los vinos espumosos Sauvignon blanc (804) y el comercial (426) presentaron atributos sensoriales más equilibrados, complejos y agradables tanto en nariz como en boca, la fermentación secundaria no solo aportó una burbuja más fina y persistente, sino también un perfil aromático y gustativo más estructurado.

## 9. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de los parámetros analizados las uvas empleadas presentaron una calidad adecuada para la elaboración de vino base con valores de pH superiores a 3, en azúcares reductores directos de 180 (g/L) y con una acidez total mayor a 9.7 (g/L). Estas características permitieron producir un vino blanco base que cumplió con los parámetros fisicoquímicos establecidos por la NOM-199-SCFI-2017 para la elaboración de vinos espumosos y gasificados.

Además, se logró elaborar un vino espumoso y gasificado, ambos cumpliendo con los parámetros dentro de los límites establecidos por la NMX-V-047-NORMEX-2007. El análisis por cromatografía de gases identificó ésteres clave en vinos espumosos y gasificados un total de seis, entre ellos, acetato de isoamilo, hexanoato de etilo, acetato de hexilo, etil caprato y etil caprilato, compuestos responsables de notas frutales y florales.

Los resultados de la evaluación sensorial mostraron que el vino espumoso Sauvignon blanc elaborado por el método tradicional presentó un perfil más complejo que el vino gasificado Sauvignon blanc la hipótesis planteada. El principal factor que influyó positivamente en el desarrollo de compuestos volátiles fue la maduración sobre lías y así contribuyendo a la percepción y diferenciación del producto.

En conjunto, los resultados demuestran que se cumplieron satisfactoriamente los objetivos establecidos para el proyecto. Demostrando que el método de elaboración constituye el factor determinante en la calidad sensorial global y validando la viabilidad de la elaboración de vinos espumosos de Sauvignon blanc por el método tradicional en condiciones de este análisis.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Armada, L., & Falqué, E. (2007). Repercussion of the clarification treatment agents before the alcoholic fermentation on volatile composition of white wines. *European Food Research and Technology*, 225, 553-558.
- Ayala, F., Echávarri, J. F., & Negueruela, A. I. (1997). A new simplified method for measuring the color of wines. II. White wines and brandies. *American journal of enology and viticulture*, 48(3), 364-369.
- Buxaderas, S., & López-Tamames, E. (2012). Sparkling wines: Features and trends from tradition. *Advances in food and nutrition research*, 66, 1-45.
- Buxaderas, S., y López-Tamames, E. (2012). Vinos espumosos: Características y tendencias desde la tradición. *Avances en la investigación en alimentación y nutrición* , 66 , 1-45.
- Caliari, V., Burin, V. M., Rosier, J. P., & BordignonLuiz, M. T. (2014). Aromatic profile of Brazilian sparkling wines produced with classical and innovative grape varieties. *Food Research International*, 62, 965-973
- Caliari, V., Burin, V. M., Rosier, J. P., & BordignonLuiz, M. T. (2014). Aromatic profile of Brazilian sparkling wines produced with classical and innovative grape varieties. *Food Research International*, 62, 965-973.
- Caliari, V., Burin, V. M., Rosier, J. P., & BordignonLuiz, M. T. (2014). Aromatic profile of Brazilian sparkling wines produced with classical and innovative grape varieties. *Food Research International*, 62, 965-973.
- Cecatto-Antonini, S. R (2004) Métodos de análisis y monitoramento microbiológico en laboratorio de destilaria. UFSCar, DTASER, CCA, São Carlos.
- Chidi, B. S., Rossouw, D., Buica, A. S., & Bauer, F. F. (2015). Determining the impact of industrial wine yeast strains on organic acid production under white and red wine-like fermentation conditions. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 36(3), 316-327.
- Cisilotto, B., Scariot, F. J., Schwarz, L. V., Rocha, R. K. M., Delamare, A. P. L., & Echeverrigaray, S. (2023). Differences in yeast behaviour during ageing of sparkling wines made with Charmat and Traditional methods. *Food Microbiology*, 110, 104171.

- Cisilotto, B., Scariot, F. J., Schwarz, L. V., Rocha, R. K. M., Delamare, A. P. L., & Echeverrigaray, S. (2023). Are the characteristics of sparkling wines obtained by the Traditional or Charmat methods quite different from each other?. *Oeno One*, 57(1), 321-331.
- Cisilotto, B., Scariot, F. J., Schwarz, L. V., Rocha, R. K. M., Delamare, A. P. L., & Echeverrigaray, S. (2023). Diferencias en el comportamiento de las levaduras durante el envejecimiento de vinos espumosos elaborados con métodos Charmat y Tradicional. *Microbiología de alimentos*, 110, 104171.
- Conde, B. C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A. C. P., Tavares, R. M., Sousa, M. J., Agasse, A., Delrot, S., & Geros, H. (2007). Cambios bioquímicos a lo largo del desarrollo de las bayas de uva y la calidad de la fruta y del vino. *Food*
- Consejo Mexicano Vitivinícola. (2023). Contribuye sector vitivinícola al crecimiento productivo y económico en el sector primario del país: Agricultura. Recuperado Abril 9, 2024, de <https://www.gob.mx/pronabive/prensa/contribuye-sector-vitivinicola-al-crecimiento-productivo-y-economico-en-el-sector-primario-del-pais-agricultura-347774>
- Consejo Regulador del Cava. How Cava is produced: The magic of a precise and unique method. Recuperado el 17 de octubre de 2025, de <https://www.cava.wine/en/origin-cava/winemaking/>
- Cotea, V. V., Focea, M. C., Luchian, C. E., Colibaba, L. C., Scutarașu, E. C., Marius, N., ... & Popîrdă, A. (2021). Influence of different commercial yeasts on volatile fraction of sparkling wines. *Foods*, 10(2), 247.
- Cui, W., Wang, X., Han, S., Guo, W., Meng, N., Li, J., ... & Zhang, X. (2024). Research progress of tartaric acid stabilization on wine characteristics. *Food Chemistry: X*, 101728.
- Culbert, J. A., McRae, J. M., Condé, B. C., Schmidtke, L. M., Nicholson, E. L., Smith, P. A., & Wilkinson, K. L. (2017). Influence of production method on the chemical composition, foaming properties, and quality of Australian carbonated and sparkling white wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(7), 1378-1386. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05678>

- Dachery, B., Hernandez, K. C., Zini, C. A., Welke, J. E., & Manfroi, V. (2023). Volatile and sensory profile of sparkling wines produced by faster and alternative methods (Ancestral and Single Tank Fermentation) compared to the usual methods (Charmat and Traditional). *European Food Research and Technology*, 249(9), 2363-2376.
- de Souza Nascimento, AM, De Souza, JF, dos Santos Lima, M., y Pereira, GE (2018). Perfiles volátiles de vinos espumosos elaborados por el método tradicional en una región semiárida. *Beverages* , 4 (4), 103.
- Decanter, F., y Laval, A. (2021). 4.4 Proceso de extracción de jugo en vinos blancos de alta calidad. *Tecnología del Vino Blanco* , 44.
- Dennis, E. G., Keyzers, R. A., Kalua, C. M., Maffei, S. M., Nicholson, E. L., & Boss, P. K. (2012). Grape contribution to wine aroma: Production of hexyl acetate, octyl acetate, and benzyl acetate during yeast fermentation is dependent upon precursors in the must. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(10), 2638-2646.
- Di Gianvito, P., Arfelli, G., Suzzi, G., & Tofalo, R. (2019). New trends in sparkling wine production: Yeast rational selection. In *Alcoholic beverages* (pp. 347-386). Woodhead Publishing.
- Di Gianvito, P., Perpetuini, G., Tittarelli, F., Schirone, M., Arfelli, G., Piva, A., ... & Tofalo, R. (2018). Impact of *Saccharomyces cerevisiae* strains on traditional sparkling wines production. *Food research international*, 109, 552-560.
- Domizio, P., Luciano, A., Marino, A., Picariello, L., Forino, M., Errichiello, F., Blaiotta, G., Moio, L., & Gambuti, A. (2023). Adición de ácidos orgánicos a los vinos base: impactos en las características tecnológicas y la calidad de la espuma de los vinos espumosos. *Molecules* , 28 (21), 7423. <https://doi.org/10.3390/molecules28217423>
- Esteruelas, M., González-Royo, E., Kontoudakis, N., Orte, A., Cantos, A., Canals, J. M., & Zamora, F. (2015). Influence of grape maturity on the foaming properties of base wines and sparkling wines (Cava). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(10), 2071-2080.

- Flanzy, C. (2003). *Enología: fundamentos científicos y tecnológicos* (2.<sup>a</sup> ed., 797 p.). Antonio Madrid Vicente (AMV) y Ediciones Mundi Prensa.
- Flanzy, C. *Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos* ; Mundi-Prensa Libros: Madrid, España, 2003; pag. 783.
- Fortes, A. M., & Pais, M. S. (2016). Grape (*vitis species*). In *Nutritional composition of fruit cultivars* (pp. 257-286). Academic Press. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012408117800012X>
- Fraga, H., García de Cortázar Atauri, I., Malheiro, A. C., & Santos, J. A. (2016). Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Global change biology*, 22(11), 3774-3788.
- Franco-Luesma, E., Sáenz-Navajas, M. P., Valentin, D., Ballester, J., Rodrigues, H., & Ferreira, V. (2016). Study of the effect of H<sub>2</sub>S, MeSH and DMS on the sensory profile of wine model solutions by Rate-All-That-Apply (RATA). *Food Research International*, 87, 152-160.
- Garofalo, C., Arena, M. P., Laddomada, B., Cappello, M. S., Bleve, G., Grieco, F., ... & Capozzi, V. (2016). Starter cultures for sparkling wine. *Fermentation*, 2(4), 21.
- Giacobbo, A., Dias, BB, Onorevoli, B., Bernardes, AM, de Pinho, MN, Caramão, EB, ... y Jacques, RA (2019). Lías de vino del primer y segundo trasiego: Subproductos valiosos. *Revista de Ciencia y Tecnología de los Alimentos* , 56 (3), 1559-1566.
- Gnoinski, G. B., Schmidt, S. A., Close, D. C., Goemann, K., Pinfold, T. L., & Kerlake, F. L. (2021). Novel methods to manipulate autolysis in sparkling wine: effects on yeast. *Molecules*, 26(2), 387.
- Goldammer, T. (2022). *Producción de vino: Ciencia y tecnología de la elaboración del vino* (1. ed., 368 págs.). Apex Publishers.
- Goldner, MC, Zamora, MC, Di Leo Lira, PAOLA, Gianninoto, H., & Bandoni, A. (2009). Efecto del nivel de etanol en la percepción de los atributos aromáticos y la detección de compuestos volátiles en vino tinto. *Journal of Sensory Studies* , 24 (2), 243-257.
- González-Royo, E., Pascual, O., Kontoudakis, N., Esteruelas, M., Esteve-Zarzoso, B., más, A., ... & Zamora, F. (2015). Oenological consequences of sequential inoculation with non-Saccharomyces yeasts (*Torulasporea delbrueckii* or

- Metschnikowia pulcherrima) and Saccharomyces cerevisiae in base wine for sparkling wine production. *European Food Research and Technology*, 240, 999-1012.
- Granell, B., Izquierdo-Llopart, A., Sahuquillo, Á., López-Sánchez, J. F., & Saurina, J. (2022). Characterization of musts, wines, and sparkling wines based on their elemental composition determined by ICP-OES and ICP-MS. *Beverages*, 8(1), 3. <https://doi.org/10.3390/beverages8010003>
- Guerrini, L., Masella, P., Angeloni, G., Sacconi, A., Calamai, L., & Parenti, A. (2020). Effects of a small increase in carbon dioxide pressure during fermentation on wine aroma. *Foods*, 9(10), 1496.
- Hernández-Carapia, M. Á., Verde-Calvo, J. R., Escalona-Buendía, H. B., & Peña-Álvarez, A. (2023). Effect of Maturation with American Oak Chips on the Volatile and Sensory Profile of a Cabernet Sauvignon Rosé Wine and Its Comparison with Commercial Wines. *Beverages*, 9(3), 72. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-0763-9\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-0763-9_7)
- Ivit, N. N., & Kemp, B. (2018). The impact of non-Saccharomyces yeast on traditional method sparkling wine. *Fermentation*, 4(3), 73. <https://doi.org/10.3390/fermentation4030073>
- Jagatić K. A. M., Preiner, D., Tomaz, I., & Jeromel, A. (2020). Volatile profile characterization of Croatian commercial sparkling wines. *Molecules*, 25(18), 4349.
- John Wiley & Sons., P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2021). *Handbook of Enology, volume 2: The chemistry of wine stabilization and treatments*. John Wiley & Sons.
- Jordão, A. M., Vilela, A., & Cosme, F. (2015). From sugar of grape to alcohol of wine: Sensorial impact of alcohol in wine. *Beverages*, 1(4), 292-310.
- Just-Borrás, A., Alday-Hernández, M., García-Roldán, A., Bustamante, M., Gombau, J., Cabanillas, P., Rozès, N., Canals, J. M., & Zamora, F. (2024). Assessment of Physicochemical and Sensory Characteristics of Commercial Sparkling Wines Obtained Through Ancestral and Traditional Methods. *Beverages*, 10(4), 103. <https://doi.org/10.3390/beverages10040103>

- Kemp, B., Alexandre, H., Robillard, B., & Marchal, R. (2015). Effect of production phase on bottle-fermented sparkling wine quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(1), 19-38.
- Kemp, B., Hogan, C., Xu, S., Dowling, L., & Inglis, D. (2017). The impact of wine style and sugar addition in liqueur d'expédition (dosage) solutions on traditional method sparkling wine composition. *Beverages*, 3(1), 7.
- Khan, N., Fahad, S., Naushad, M., & Faisal, S. (2020). Grape production critical review in the world. Available at SSRN 3595842.
- Kunter, B., Unal, O. B., Keskin, S., Hatterman-Valenti, H., & Kaya, O. (2024). Comparison of the sugar and organic acid components of seventeen table grape varieties produced in Ankara (Türkiye): a study over two consecutive seasons. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1321210.
- Liger-Belair, G., & Cilindre, C. (2021). Recent progress in the analytical chemistry of champagne and sparkling wines. *Annual Review of Analytical Chemistry*, 14(1), 21-46.
- Liger-Belair, G., Polidori, G., & Zéninari, V. (2012). Unraveling the evolving nature of gaseous and dissolved carbon dioxide in Champagne wines: A state-of-the-art review, from the bottle to the tasting glass. *Analytica Chimica Acta*, 732, 1-15.
- Liu, J., Grønbeck, MS, Di Monaco, R., Giacalone, D. y Bredie, WL (2016). Rendimiento del perfil Flash y Napping con y sin entrenamiento para describir pequeñas diferencias sensoriales en un vino modelo. *Food Quality and Preference*, 48, 41-49.
- Liu, PH, Vrigneau, C., Salmon, T., Hoang, DA, Boulet, JC, Jégou, S. y Marchal, R. (2018). Influencia de la madurez de la uva en la composición del mosto y del vino base, así como en las propiedades espumantes de los vinos espumosos de la región de Champaña. *Molecules*, 23 (6), 1372.
- Martinez-Lapuente, L., Apolinar-Valiente, R., Guadalupe, Z., Ayestarán, B., Perez-Magarino, S., Williams, P., & Doco, T. (2016). Influence of grape maturity on complex carbohydrate composition of red sparkling wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(24), 5020-5030.

- Martínez-Rodríguez, A. J., & Pueyo, E. (2009). Sparkling Wines and Yeast Autolysis. In Wine chemistry and biochemistry (pp. 61-80). New York, NY: Springer New York.
- Martín-García, A., Abarca-Rivas, C., Riu-Aumatell, M., & López-Tamames, E. (2023). Comparison of volatile compounds during biological ageing and commercial storage of Cava (Spanish sparkling wine): The role of lees. *Heliyon*, 9(8).
- Martí-Raga, M., Martín, V., Gil, M., Sancho, M., Zamora, F., Mas, A., & Beltran, G. (2016). Contribution of yeast and base wine supplementation to sparkling wine composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(15), 4962-4972.
- Martí-Raga, M., Marullo, P., Beltran, G., & Mas, A. (2016). Nitrogen modulation of yeast fitness and viability during sparkling wine production. *Food Microbiology*, 54, 106-114.
- Mazauric, J. P., & Salmon, J. M. (2005). Interactions between yeast lees and wine polyphenols during simulation of wine aging: I. Analysis of remnant polyphenolic compounds in the resulting wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(14), 5647-5653.
- McMahon, K. M. (2016). Sensory and analytical assessment of sparkling wines. Washington State University.
- Medawar, W., Strehaiano, P., & Délia, M. L. (2003). Yeast growth: lag phase modelling in alcoholic media. *Food Microbiology*, 20(5), 527-532. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(02\)00170-3](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(02)00170-3)
- Mendes Ferreira, A., & Mendes-Faia, A. (2020). The role of yeasts and lactic acid bacteria on the metabolism of organic acids during winemaking. *Foods*, 9(9), 1231.
- Miliordos, D. E., Kontoudakis, N., Kouki, A., Kanapitsas, A., Lola, D., Goulioti, E., & Kotseridis, Y. (2025). Influence of vintage and grape maturity on volatile composition and foaming properties of sparkling wine from Savvatiano (*Vitis vinifera* L.) variety. *OENO One*, 59(1).
- NMX-V-006-NORMEX-2019 - Bebidas Alcohólicas - Determinación de azúcares, azúcares, reductores directos y azúcares reductores totales - Métodos de ensayo (prueba).

- NMX-V-015-NORMEX-2014 - Bebidas Alcohólicas - Determinación de acidez total, acidez fija y acidez volátil - Métodos de prueba.
- NMX-V-027-NORMEX-2019 - Bebidas Alcohólicas - Determinación de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) libre y total - Métodos de ensayo (prueba).
- NMX-V-047-NORMEX-2009. Bebidas alcohólicas – Vino espumoso y vino gasificado – Denominación, etiquetado y especificaciones. Diario Oficial de la Federación.
- Ochando, T., Mouret, J. R., Humbert-Goffard, A., Aguera, E., Sablayrolles, J. M., & Farines, V. (2020). Comprehensive study of the dynamic interaction between SO<sub>2</sub> and acetaldehyde during alcoholic fermentation. *Food Research International*, 136, 109607.
- Office Internationale de la Vigne et du Vin (2010) Código internacional de prácticas enológicas. OIV, París, p. 274
- OIV, O. (2016). Código internacional de prácticas enológicas.
- OIV-MA-AS312-01A. (2021) Métodos de determinación del grado alcohólico volumétrico.
- OIV. (2022). International Code of Oenological Practices. Paris: OIV.
- Ollat, N., Touzard, J. M., & van Leeuwen, C. (2016). Climate change impacts and adaptations: new challenges for the wine industry. *Journal of Wine Economics*, 11(1), 139-149.
- Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). (2011). Actualización del método para la determinación del pH (método OIV-MA-AS313-15). Resolución OIV-OENO 438-2011. <https://www.oiv.int/node/3331>
- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., ... & van Ypersele, J. P. (2014). Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (p. 151). *Ipcc*.
- Parihar, S., & Sharma, D. (2021). A brief overview on *Vitis Vinifera*. *Sch Acad J Pharm*, 12(12), 231-9. [https://saspublishers.com/media/articles/SAJP\\_1012\\_231-239.pdf](https://saspublishers.com/media/articles/SAJP_1012_231-239.pdf)
- Parish-Virtue, K., Herbst-Johnstone, M., Bouda, F., Fedrizzi, B., Deed, R. C., & Kilmartin, P. A. (2021). Aroma and Sensory Profiles of Sauvignon Blanc Wines

- from Commercially Produced Free Run and Pressed Juices. *Beverages*, 7(2), 29.
- Pati S., Crupi P., Savastano M.L., Benucci I. and Esti M., 2019. Evolution of phenolic and volatile compounds during bottle storage of a white wine without added sulfite. *J Sci Food Agric*, 100, 775-784. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10084>
- Penacho, V., Valero, E., & Gonzalez, R. (2012). Transcription profiling of sparkling wine second fermentation. *International journal of food microbiology*, 153(1-2), 176-182.
- Pérez, D., Fanzone, M., & Sari, S. (2017). Influencia del prensado fraccionado de las uvas en los parámetros enológicos y composición aromática de mostos y vinos de la variedad Torrontés Riojano.
- Pons-Mercadé, P., Giménez, P., Vilomara, G., Conde, M., Cantos, A., Rozès, N., ... & Zamora, F. (2022). Monitoring yeast autolysis in sparkling wines from nine consecutive vintages produced by the traditional method. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 28(3), 347-357.
- Pozo-Bayón, M. Á., Martínez-Rodríguez, A., Pueyo, E., y Moreno-Arribas, MV (2009). Características químicas y bioquímicas implicadas en la producción de vino espumoso: de una tecnología vinícola tradicional a una mejorada. *Tendencias en Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 20 (6-7), 289-299.
- Producción de uva en México 2022. Servicio de información Agroalimentaria y pesquera.
- Qian, J., Zhang, M., Niu, J., Fu, X., Pei, X., Chang, X., ... & Jiang, F. (2019). Roles of sulfite and internal recirculation on organic compound removal and the microbial community structure of a sulfur cycle-driven biological wastewater treatment process. *Chemosphere*, 226, 825-833
- Raymond Eder, M. L., & Rosa, A. L. (2021). Non-conventional grape varieties and yeast starters for first and second fermentation in sparkling wine production using the traditional method. *Fermentation*, 7(4), 321.
- Raymond Eder, M. L., Fariña, L., Dellacassa, E., Carrau, F., & Rosa, A. L. (2020). Chemical and sensory features of Torrontes Riojano sparkling wines produced

- by second fermentation in bottle using different *Saccharomyces* strains. *Food Science and Technology International*, 26(6), 512-519.
- Reisch, BI, Owens, CL y Cousins, PS (2011). *Uva*. En *Fruit improves* (págs. 225-262). Boston, MA: Springer US.
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (Eds.). (2006). *Handbook of enology, Volume 1: The microbiology of wine and vinifications* (Vol. 1). John Wiley & Sons.
- Robinson, J., Harding, J. y Vouillamoz, J. (2013). *Uvas de vino: una guía completa de 1368 variedades de vid, incluyendo sus orígenes y sabores*. Penguin UK.
- Sancho-Galán, P., Amores-Arrocha, A., Jiménez-Cantizano, A., & Palacios, V. (2021). Influence of the presence of grape skins during white wine alcoholic fermentation. *Agronomy*, 11(3), 452.
- Sartor, S., Burin, V. M., Caliarì, V., & Bordignon-Luiz, M. T. (2021). Profiling of free amino acids in sparkling wines during over-lees aging and evaluation of sensory properties. *Lwt*, 140, 110847. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110847>
- Sartor, S., Burin, V. M., Panceri, C. P., Dos Passos, R. R., Caliarì, V., & Bordignon-Luiz, M. T. (2018). Rosé sparkling wines: influence of winemaking practices on the phytochemical polyphenol during aging on lees and commercial storage. *Journal of food science*, 83(11), 2790-2801.
- Sawyer, S., Longo, R., Solomon, M., Nicolotti, L., Westmore, H., Merry, A., ... & Kerlake, F. (2022). Autolysis and the duration of ageing on lees independently influence the aroma composition of traditional method sparkling wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 28(1), 146-159.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Gobierno de México. (2017). *El vino y lo que debes saber*. Recuperado el 17 de octubre de 2025, de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-vino-y-lo-que-debes-saber-119258>
- Secretaría de Economía. (s. f.). *Vino Espumoso, de Uvas Frescas: Intercambio comercial, compras y ventas internacionales, mercado y especialización*. México. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/sparkling-wine-of-fresh-grapes>

- Sharma, A. K., Singh, P. N., & Sawant, S. D. (2012). Evaluation of fermentation efficiency of yeast strains and their effect on quality of young wines. *Indian journal of microbiology*, 52, 495-499.
- Slaghenaufi, D., Luzzini, G., Borgato, M., Boscaini, A., Dal Cin, A., Zandonà, V. y Ugliano, M. (2023). Caracterización del perfil aromático de vinos espumosos Prosecco comerciales. *Ciencias Aplicadas*, 13 (6), 3609.
- Soares, R. D., Welke, J. E., Nicolli, K. P., Zanús, M., Caramão, E. B., Manfroi, V., & Zini, C. A. (2015). Monitoring the evolution of volatile compounds using gas chromatography during the stages of production of Moscatel sparkling wine. *Food Chemistry*, 183, 291-304.
- Swiegers, J. H., Francis, I. L., Herderich, M. J., & Pretorius, I. S. (2006). Meeting consumer expectations through management in vineyard and winery. *Wine Ind. J*, 21(10).
- Swinnen, I. A. M., Bernaerts, K., Dens, E. J., Geeraerd, A. H., & Van Impe, J. F. (2004). Predictive modelling of the microbial lag phase: a review. *International journal of food microbiology*, 94(2), 137-159. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.01.006>
- Terral, J. F., Tabard, E., Bouby, L., Ivorra, S., Pastor, T., Figueiral, I., Picq, S., Chevance, B., Jung, C., Fabre, L., Tardy, C., Compan, M., Bacilieri, R., Lacombe, T. & This, P. (2010). Evolution and history of grapevine (*Vitis vinifera*) under domestication: new morphometric perspectives to understand seed domestication syndrome and reveal origins of ancient European cultivars. *Annals of botany*, 105(3), 443-455. <https://academic.oup.com/aob/article/105/3/443/91641?login=true>
- Torrens, J., Riu-Aumatell, M., Vichi, S., Lopez-Tamames, E., & Buxaderas, S. (2010). Assessment of volatile and sensory profiles between base and sparkling wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(4), 2455-2461.
- Tsai, P. C., Araujo, L. D., & Tian, B. (2022). Varietal aromas of Sauvignon blanc: impact of oxidation and antioxidants used in winemaking. *Fermentation*, 8(12), 686. <https://doi.org/10.3390/fermentation8120686>

- Tufariello, M., Palombi, L., Rizzuti, A., Musio, B., Capozzi, V., Gallo, V., ... & Grieco, F. (2023). Volatile and chemical profiles of Bombino sparkling wines produced with autochthonous yeast strains. *Food Control*, 145, 109462. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109462>
- Ubeda, C., Kania-Zelada, I., del Barrio-Galán, R., Medel-Marabolí, M., Gil, M., & Peña-Neira, Á. (2019). Study of the changes in volatile compounds, aroma and sensory attributes during the production process of sparkling wine by traditional method. *Food Research International*, 119, 554-563.
- Ubeda, C., Lambert-Royo, M. I., Gil i Cortiella, M., Del Barrio-Galán, R., & Peña-Neira, Á. (2021). Chemical, physical, and sensory effects of the use of bentonite at different stages of the production of traditional sparkling wines. *Foods*, 10(2), 390.
- Venkitasamy, C., Zhao, L., Zhang, R., & Pan, Z. (2019). Grapes. In *Integrated processing technologies for food and agricultural by-products* (pp. 133-163). Academic Press.
- Vion, C., Yeramian, N., Hranilovic, A., Masneuf-Pomarède, I., & Marullo, P. (2024). Influence of yeasts on wine acidity: new insights into *Saccharomyces cerevisiae*. *OENO one*, 58(4).
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2024). *Understanding wine chemistry*. John Wiley & Sons.
- Williams, D., Zietsman, A., Brand, J., Eyeghe-Bickong, H., & Vivier, M. (2025). Polyphenolic compounds in Sauvignon Blanc-from grapes to wine. *Oeno One*, 59(1).
- Zoecklein, B. (2002). *Una revisión de la producción de Méthode Champenoise* (2ª ed.). Blacksburg, VA, EE.UU.: Virginia Tech
- Zoecklein, B. W. (1998). A review of m\_thode champenoise production.
- Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. C., Gump, B. H., & Nury, F. S. (2001). Análisis y producción de vino (p. 634). Editorial Acribia, S.A.

## 11. ANEXOS

### 11.1 Anexo 1

#### Cuestionario vino blanco

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES: Pruebe las muestras y escriba los atributos sensoriales que usted considera relevantes y diferenciadores entre ellas (intensidad de burbuja, aroma a frutas blancas, acidez, cuerpo, etc.).

Muestra	Descriptorios percibidos			
	Visual	Aroma	Sabor	Sensación en boca
738				
906				
541				
857				

## 11.2 Anexo 2

### CUESTIONARIO VINO BLANCO (RATA)

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_

Muestra: \_\_\_\_\_

#### INSTRUCCIONES:

Pruebe la muestra con calma (olfato, gusto, sensación en boca).

Lea la lista de atributos y marque solo aquellos que perciba en la muestra.

Para cada atributo marcado, asigne un nivel de intensidad del 1 (muy baja) al 5 (muy alta).

Si no percibe un atributo, déjelo sin marcar ni calificar.

#### ❖ Visual

-Brillante

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Poco

Muy brillante

-Traslúcido

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---






-Turbidez

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sin turbidez

Muy turbio

-Color (Ver paleta de colores)

1	2	3	4	5
 PAJIZO PÁLIDO	 PAJIZO PROFUNDO	 AMARILLO PÁLIDO	 AMARILLO MEDIO	 ORO PÁLIDO

-Presencia de burbujas

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Poco Mucho

-Tamaño de burbuja

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Muy pequeña Muy grande

❖ **Aroma**

-Cítricos (naranja, limón)

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

-Frutal (pera, manzana, uva, melón, durazno, melocotón,)

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

-Fermentado (pan, levadura)

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

-Floral

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

-Especias (Anís, Pimienta, Clavo)

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

-Herbáceo

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

-Madera

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

-Caramelo

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

-Frutos secos

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

-Piña

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

-Plátano

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Vainilla

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Alcohol

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Otras frutas: Lichi y mango

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

❖ **Sabor y sensación en boca**

Acidez

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Astringencia

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Amargor

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Dulzor

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Permanencia de las burbujas en boca

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Efervescencia

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Persistencia en boca (Retrogusto)

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

11.3 Anexo 3  
ANOVA Y PRUEBA DE TUKEY- KRAMER DE ATRIBUTOS SENSORIALES  
EVALUADOS

Response Brillante

**Analysis of Variance Table**

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	27.3	9.1	14.2849	0.00001*
B: Juez	9	10.6	1.177778	1.8488	0.10480
S	27	17.2	0.637037		
Total (Adjusted)	39	55.1			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

**Tukey-Kramer Multiple Comparison Test**

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	4.7	Espumoso Suvignon blanc Gasificado Suvignon blanc
Espumoso Suvignon blanc	10	2.4	Espumoso comercial, Gasificado comercial Gasificado Suvignon blanc
Gasificado comercial	10	3.9	Espumoso Suvignon blanc
Gasificado Suvignon blanc	10	3.6	Espumoso comercial Espumoso Suvignon blanc

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.637037, Critical Value = 3.8701

Response Limpidez

**Analysis of Variance Table**

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	10.4	3.466667	5.8137	0.00336*
B: Juez	9	11.5	1.277778	2.1429	0.06091
S	27	16.1	0.5962963		
Total (Adjusted)	39	38			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

**Tukey-Kramer Multiple Comparison Test**

--	--	--	--	--	--

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	4.4	Espumoso Suvignon blanc
Espumoso Suvignon blanc	10	3.4	Espumoso comercial, Gasificado comercial
Gasificado comercial	10	4.6	Espumoso Suvignon blanc
Gasificado Suvignon blanc	10	3.6	Gasificado Suvignon blanc Gasificado comercial

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.5962963, Critical Value = 3.8701

Response Turbidez

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	9.8	3.266667	6.2113	0.00239*
B: Juez	9	16.4	1.822222	3.4648	0.00584*
S	27	14.2	0.5259259		
Total (Adjusted)	39	40.4			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	1.1	Espumoso Suvignon blanc
Espumoso Suvignon blanc	10	2.4	Espumoso comercial, Gasificado comercial
Gasificado comercial	10	1.4	Espumoso Suvignon blanc
Gasificado Suvignon blanc	10	1.9	

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.5259259, Critical Value = 3.8701

Response Color

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	24.875	8.291667	7.0235	0.00122*
B: Juez	9	18.225	2.025	1.7153	0.13399
S	27	31.875	1.180556		
Total (Adjusted)	39	74.975			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	3.2	Gasificado comercial Gasificado Suvignon blanc
Espumoso Suvignon blanc	10	1.9	
Gasificado comercial	10	1	Espumoso comercial
Gasificado Suvignon blanc	10	1.8	Espumoso comercial

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 1.180556, Critical Value = 3.8701

Response Presencia\_de\_burbujas

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	10.8	3.6	4.6957	0.00916*
B: Juez	9	8.1	0.9	1.1739	0.35002
S	27	20.7	0.7666667		
Total (Adjusted)	39	39.6			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	4.1	Espumoso Suvignon blanc Gasificado comercial
Espumoso Suvignon blanc	10	2.9	Espumoso comercial
Gasificado comercial	10	2.9	Espumoso comercial
Gasificado Suvignon blanc	10	3.7	

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.7666667, Critical Value = 3.8701

Response Formación\_de\_corona\_de\_burbujas

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	16.9	5.633333	3.6563	0.02478*
B: Juez	9	19.4	2.155555	1.3990	0.23733
S	27	41.6	1.540741		
Total (Adjusted)	39	77.9			

Total 40

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	3.6	
Espumoso Suvignon blanc	10	2.3	
Gasificado comercial	10	2.3	
Gasificado Suvignon blanc	10	3.6	

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 1.540741, Critical Value = 3.8701

Response Tamaño\_de\_burbuja

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	8.4	2.8	2.0106	0.13616
B: Juez	9	14	1.555556	1.1170	0.38458
S	27	37.6	1.392593		
Total (Adjusted)	39	60			
Total	40				

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	2.4	
Espumoso Suvignon blanc	10	1.8	
Gasificado comercial	10	2.8	
Gasificado Suvignon blanc	10	3	

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 1.392593, Critical Value = 3.8701

Response Cítricos

### Analysis of Variance Table

Sum of Mean

Model Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	7.475	2.491667	2.1860	0.11278
B: Juez	9	40.525	4.502778	3.9504	0.00262*
S	27	30.775	1.139815		
Total (Adjusted)	39	78.775			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	1.6	
Espumoso Suvignon blanc	10	2.1	
Gasificado comercial	10	2	
Gasificado Suvignon blanc	10	1	

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 1.139815, Critical Value = 3.8701

Response Frutal

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	10.475	3.491667	3.3942	0.03217*
B: Juez	9	13.725	1.525	1.4824	0.20454
S	27	27.775	1.028704		
Total (Adjusted)	39	51.975			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	2.9	Gasificado comercial
Espumoso Suvignon blanc	10	3.1	
Gasificado comercial	10	4.2	Espumoso comercial

Gasificado Suvignon blanc 10 3.7

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 1.028704, Critical Value = 3.8701

Response Fermentado

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	3	1	0.7297	0.54324
B: Juez	9	40.4	4.488889	3.2757	0.00805*
S	27	37	1.37037		
Total (Adjusted)	39	80.4			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	2.1	
Espumoso Suvignon blanc	10	2.7	
Gasificado comercial	10	2.4	
Gasificado Suvignon blanc	10	2	

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 1.37037, Critical Value = 3.8701

Response floral

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	1.4	0.4666667	0.5122	0.67730
B: Juez	9	61.6	6.844444	7.5122	0.00002*
S	27	24.6	0.9111111		
Total (Adjusted)	39	87.6			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

---

Comparison Term: A: Muestra

---

---

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	1.9	
Espumoso Suvignon blanc	10	1.6	
Gasificado comercial	10	2.1	
Gasificado Suvignon blanc	10	2	

---

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.91111111, Critical Value = 3.8701

Response Especies

### Analysis of Variance Table

---

---

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	1.8	0.6	1.1020	0.36540
B: Juez	9	41.5	4.6111111	8.4694	0.00001*
S	27	14.7	0.5444444		
Total (Adjusted)	39	58			
Total	40				

---

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

---

Comparison Term: A: Muestra

---

---

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	1.1	
Espumoso Suvignon blanc	10	1.3	
Gasificado comercial	10	0.8	
Gasificado Suvignon blanc	10	0.8	

---

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.5444444, Critical Value = 3.8701

Response Plátano

### Analysis of Variance Table

---

---

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
------------	----	----------------	-------------	---------	---------

---

A: Muestra	3	7.7	2.566667	2.5385	0.07758
B: Juez	9	38.1	4.233333	4.1868	0.00180*
S	27	27.3	1.011111		
Total (Adjusted)	39	73.1			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	0.7	
Espumoso Suvignon blanc	10	0.8	
Gasificado comercial	10	1.3	
Gasificado Suvignon blanc	10	1.8	

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 1.011111, Critical Value = 3.8701

### Response Herbáceo Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	4.275	1.425	1.5405	0.22674
B: Juez	9	42.725	4.747222	5.1321	0.00043*
S	27	24.975	0.925		
Total (Adjusted)	39	71.975			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	1.6	
Espumoso Suvignon blanc	10	1.9	
Gasificado comercial	10	1.4	
Gasificado Suvignon blanc	10	1	

---

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.925, Critical Value = 3.8701

Response Madera

### Analysis of Variance Table

---

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	1.1	0.3666667	0.7674	0.52228
B: Juez	9	21.5	2.388889	5.0000	0.00053*
S	27	12.9	0.4777778		
Total (Adjusted)	39	35.5			
Total	40				

---

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

---

Comparison Term: A: Muestra

---

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	0.5	
Espumoso Suvignon blanc	10	0.9	
Gasificado comercial	10	0.7	
Gasificado Suvignon blanc	10	0.9	

---

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.4777778, Critical Value = 3.8701

Response Dulce

### Analysis of Variance Table

---

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	1.3	0.4333333	0.3372	0.79857
B: Juez	9	39.1	4.344444	3.3804	0.00673*
S	27	34.7	1.285185		
Total (Adjusted)	39	75.1			
Total	40				

---

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

---

---

Comparison Term: A: Muestra

---

---

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	1.9	
Espumoso Suvignon blanc	10	2.1	
Gasificado comercial	10	1.6	
Gasificado Suvignon blanc	10	1.8	

---

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 1.285185, Critical Value = 3.8701

Response Frutos\_secos

#### Analysis of Variance Table

---

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	0.275	0.09166667	0.1599	0.92234
B: Juez	9	50.225	5.580555	9.7367	0.00000*
S	27	15.475	0.5731481		
Total (Adjusted)	39	65.975			
Total	40				

---

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

#### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

---

Comparison Term: A: Muestra

---

---

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	1.4	
Espumoso Suvignon blanc	10	1.4	
Gasificado comercial	10	1.5	
Gasificado Suvignon blanc	10	1.6	

---

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.5731481, Critical Value = 3.8701

Response Piña

#### Analysis of Variance Table

---

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
------------	----	----------------	-------------	---------	---------

---

A: Muestra	3	0.4	0.1333333	0.1237	0.94529
B: Juez	9	36.1	4.011111	3.7216	0.00381*
S	27	29.1	1.077778		
Total (Adjusted)	39	65.6			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	1.5	
Espumoso Suvignon blanc	10	1.3	
Gasificado comercial	10	1.5	
Gasificado Suvignon blanc	10	1.3	

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 1.077778, Critical Value = 3.8701

Response Vainilla

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	1.8	0.6	1.9756	0.14140
B: Juez	9	32	3.555556	11.7073	0.00000*
S	27	8.2	0.3037037		
Total (Adjusted)	39	42			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	1.1	
Espumoso Suvignon blanc	10	0.8	

Gasificado comercial	10	1.3
Gasificado Suvignon blanc	10	0.8

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.3037037, Critical Value = 3.8701

Response Alcohol

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	4.475	1.491667	1.0805	0.37402
B: Juez	9	29.625	3.291667	2.3843	0.03910*
S	27	37.275	1.380556		
Total (Adjusted)	39	71.375			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	1.6	
Espumoso Suvignon blanc	10	2	
Gasificado comercial	10	1.1	
Gasificado Suvignon blanc	10	1.8	

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 1.380556, Critical Value = 3.8701

Response Lichi\_y\_mango

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	17.8	5.933333	2.8505	0.05600
B: Juez	9	28.4	3.155555	1.5160	0.19256
S	27	56.2	2.081481		
Total (Adjusted)	39	102.4			
Total	40				

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	1.6	
Espumoso Suvignon blanc	10	2.9	Gasificado Suvignon blanc
Gasificado comercial	10	1.6	
Gasificado Suvignon blanc	10	1.1	Espumoso Suvignon blanc

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 2.081481, Critical Value = 3.8701

Response Acidez

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	20.6	6.866667	10.9704	0.00007*
B: Juez	9	20.1	2.233333	3.5680	0.00491*
S	27	16.9	0.6259259		
Total (Adjusted)	39	57.6			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	2.9	Espumoso Suvignon blanc Gasificado Suvignon blanc
Espumoso Suvignon blanc	10	4.2	Espumoso comercial, Gasificado comercial
Gasificado comercial	10	2.5	Espumoso Suvignon blanc Gasificado Suvignon blanc
Gasificado Suvignon blanc	10	4	Espumoso comercial, Gasificado comercial

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.6259259, Critical Value = 3.8701

Response Astringencia

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	14.675	4.891667	7.1104	0.00114*
B: Juez	9	21.725	2.413889	3.5087	0.00542*
S	27	18.575	0.6879629		
Total (Adjusted)	39	54.975			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	2.3	
Espumoso Suvignon blanc	10	3	Gasificado comercial
Gasificado comercial	10	1.3	Espumoso Suvignon blanc
Gasificado Suvignon blanc	10	2.3	

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.6879629, Critical Value = 3.8701

Response Amargor

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	12.875	4.291667	5.0656	0.00652*
B: Juez	9	56.625	6.291667	7.4262	0.00002*
S	27	22.875	0.8472222		
Total (Adjusted)	39	92.375			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	2.1	Gasificado comercial

Espumoso Suvignon blanc	10	2.3	Gasificado comercial
Gasificado comercial	10	0.9	Espumoso comercial
			Espumoso Suvignon blanc
			Gasificado Suvignon blanc
Gasificado Suvignon blanc	10	2.2	Gasificado comercial

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.8472222, Critical Value = 3.8701

Response Dulzor

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	17.475	5.825	6.7573	0.00152*
B: Juez	9	17.225	1.913889	2.2202	0.05283
S	27	23.275	0.8620371		
Total (Adjusted)	39	57.975			
Total	40				

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

Comparison Term: A: Muestra

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	2.4	
Espumoso Suvignon blanc	10	1.8	Gasificado comercial
Gasificado comercial	10	3.3	Espumoso Suvignon blanc Gasificado Suvignon blanc
Gasificado Suvignon blanc	10	1.6	Gasificado comercial

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.8620371, Critical Value = 3.8701

Response Permanencia\_de\_burbujas

### Analysis of Variance Table

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	4.1	1.366667	0.9248	0.44215
B: Juez	9	17.5	1.944444	1.3158	0.27468
S	27	39.9	1.477778		
Total (Adjusted)	39	61.5			
Total	40				

---

---

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

---

Comparison Term: A: Muestra

---

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	3.2	
Espumoso Suvignon blanc	10	2.3	
Gasificado comercial	10	2.7	
Gasificado Suvignon blanc	10	2.8	

---

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 1.477778, Critical Value = 3.8701

Response Efervesencia

### Analysis of Variance Table

---

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	2.6	0.8666667	1.3448	0.28066
B: Juez	9	51.6	5.7333333	8.8966	0.00000*
S	27	17.4	0.6444445		
Total (Adjusted)	39	71.6			
Total	40				

---

\* Term significant at  $\alpha = 0.05$

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

---

Comparison Term: A: Muestra

---

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	3.2	
Espumoso Suvignon blanc	10	3.1	
Gasificado comercial	10	2.6	
Gasificado Suvignon blanc	10	2.7	

---

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 0.6444445, Critical Value = 3.8701

Response Retrogusto

### Analysis of Variance Table

---

Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Muestra	3	2.4	0.8	0.7423	0.53620
B: Juez	9	10.9	1.211111	1.1237	0.38039
S	27	29.1	1.077778		
Total (Adjusted)	39	42.4			
Total	40				

---

### Tukey-Kramer Multiple Comparison Test

---

Comparison Term: A: Muestra

---

---

Group	Count	Mean	Different From Groups
Espumoso comercial	10	3.5	
Espumoso Suvignon blanc	10	2.9	
Gasificado comercial	10	3.5	
Gasificado Suvignon blanc	10	3.3	

---

---

$\alpha = 0.05$ , Error Term = S(AB), DF = 27, MSE = 1.077778, Critical Value = 3.8701



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

# ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00330

Matrícula: 2233801433

ELABORACIÓN DE VINO ESPUMOSO Y GASIFICADO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPUESTOS VOLÁTILES QUE LE PROPORCIONEN SABOR Y OLOR AL VINO BLANCO SAUVIGNON BLANC

En la Ciudad de México, se presentaron a las 12:00 horas del día 13 del mes de noviembre del año 2025 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. HECTOR BERNARDO ESCALONA BUENDIA  
DRA. JOSEFA ESPITIA LOPEZ  
DR. MIGUEL ANGEL HERNANDEZ CARAPIA  
DR. JOSE MARIANO GARCIA GARIBAY



MICHEL SANCHEZ AGUIRRE  
ALUMNA

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretario el último, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRA EN BIOTECNOLOGÍA

DE: MICHEL SANCHEZ AGUIRRE

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

*aprobar*

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

REVISÓ

MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ  
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CBS

DR. JOSE LUIS GOMEZ OLIVARES

PRESIDENTE

DR. HECTOR BERNARDO ESCALONA BUENDIA

VOCAL

DRA. JOSEFA ESPITIA LOPEZ

VOCAL

DR. MIGUEL ANGEL HERNANDEZ CARAPIA

SECRETARIO

DR. JOSE MARIANO GARCIA GARIBAY