UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

IMPACTO DEL CONSUMO DE ANHÍDRIDO SULFUROSO Y OXÍGENO EN VINO TINTO VARIEDAD NEGRA CRIOLLA EN LA CALIDAD SENSORIAL Y QUÍMICA DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN BOTELLA

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. Elvis Juan Ventura Flores

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Asesor:

Dr. Erick Manuel Saldaña Villa

Co-asesor

Msc. Jaime David Laqui Estaña

MOQUEGUA – PERÚ

2025

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por SALDAÑA VILLA Erick Manuel FAU 20449347448 soft
Fecha: 2026.03.23 11:44:10 -05'00'

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Folio N° 34

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA — UNAM — FEDATARIO

I. Modalidad:

Tesis : [X]

Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]

Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación de la modalidad de titulación del bachiller:
RESOLUCIÓN DE FACULTAD Nº 090-2023-FACIA-UNAM

Fecha: 22/06/2023

III. Documento de aprobación para la sustentación:
RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD N°315-2025-CF-FAIN-UNAM

Fecha: 17/12/2025

IV. El Jurado ha dictaminado la (el) TESIS,
TITULADO: IMPACTO DEL CONSUMO DE ANHÍDRIDO SULFUROSO Y OXÍGENO EN VINO TINTO VARIEDAD NEGRA CRIOLLA EN LA CALIDAD SENSORIAL Y QUÍMICA DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN BOTELLA

Bachiller: ELVIS JUAN VENTURA FLORES

Asesor Principal: Dr. ERICK MANUEL SALDAÑA VILLA

Co-Asesor: Msc. JAIME DAVID LAQUI ESPAÑA

V. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: DOCE (12) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**.

Siendo las 13:00 horas, del 18 de DICIEMBRE del año 2025 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente	Primer Miembro	Segundo Miembro
Mario R. Cotacallapa Sucapuca	Nils Lozander Huaman Castilla	César Augusto Nepa Almeyda
(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)

Asesor Principal	Miembro Accesitario	Co-Asesor
Erick Manuel Saldaña Villa	YANETT NOEMI VILLANUEVA PARI	
(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)

Bachiller
Elvis Juan Ventura Flores
(Nombres y Apellidos)

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios y a la virgen, por su fortaleza y guía en cada paso para llegar hasta aquí. A mis padres Senovia y Adan por su apoyo constante ya que sus consejos y motivaciones han sido fundamental para mi desarrollo personal y académico.

A mi hermano Deibis, a mi esposa Marjhory y a mi pequeño Matteo, que está a punto de llegar, porque siempre están conmigo en cada desafío de mi vida.

A mis asesores, por su apoyo constante y por las orientaciones y confianza que me brindaron.

A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a mi desarrollo, gracias por ser parte de esta etapa linda de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la virgen por brindarme la fuerza necesaria y la perseverancia en cada paso de este largo camino. Por llenar de fe mi vida para siempre seguir adelante.

A mi Universidad y a mi escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial, por brindarme una formación profesional. A los docentes por brindarme sus conocimientos y experiencias durante mi etapa de estudiante.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor Dr. Erick Manuel Saldaña Villa y a mi coasesor Msc. Jaime David Laqui Estaña por su constante apoyo y orientación a lo largo de este proyecto. Sus consejos, experiencias y paciencia fueron fundamental para el desarrollo de la tesis.

Deseo expresar mi agradecimiento a los miembros de mi jurado, Dr. Mario Roger Cotacallapa Sucapuca, Dr. Nils Leander Huamán Castilla, Dr. César Augusto Napa Almeyda y accesitaria Mgr. Yanett Noemi Villanueva Pari por el tiempo dedicado, por sus sugerencias y aportes brindados que contribuyeron a la mejora de la tesis.

Agradezco al proyecto “Cinética de consumo de O_2 y SO_2 en vino tinto var. Negra Criolla con tapa rosca, corcho sintético y natural”, financiado mediante Resolución de Comisión Organizadora N°. 428-2021-UNAM, cuyo respaldo hizo posible la realización de esta investigación.

A mi familia a mis padres Senovia y Adan, a mi hermano Deibis, a mi esposa Marjhory y a mi bebe (Matteo) que muy pronto estará con nosotros, por su gran apoyo y su amor incondicional, por ser mi fortaleza en todos los caminos de mi vida. Gracias por ser mi sostén en los momentos más difíciles que me a tocado pasar y por impulsarme a dar siempre lo mejor de mí.

RESUMEN

Esta investigación evaluó la evolución de parámetros químicos y sensoriales de un vino tinto seco procedente de las regiones de Tacna y Moquegua, con la adición de metabisulfito de potasio en tres dosis de SO_2 libre previas al embotellado: 15 mg/L (T1), 30 mg/L (T2) y 45 mg/L (T3). Los resultados mostraron una disminución progresiva del SO_2 libre durante el almacenamiento en todos los tratamientos. En el tratamiento T1 se observó un aumento de los niveles de O_2 disuelto, de la acidez titulable y la acidez volátil, mientras que el grado alcohólico disminuyó ligeramente. Respecto al tratamiento T2 en el caso del vino de Tacna, el SO_2 libre se mantuvo seguro (>10 mg/L) hasta el día 199 y el O_2 disuelto se mantuvo bajo (<1.5 mg/L) hasta el día 113. En el vino de Moquegua, el O_2 disuelto se mantuvo adecuado únicamente hasta el día 98 con un valor de 1,08 mg/L, mientras que el SO_2 libre se mantuvo dentro de rangos seguros hasta el final del estudio. Esta dosis intermedia de 30 mg/L de SO_2 libre mantuvo estable la composición química (pH, grado alcohólico, acidez total y acidez volátil). Sin embargo, el tratamiento con T3 (45 mg/L de SO_2 libre) en vinos de Moquegua y de Tacna mostró mejores características químicas y sensoriales, adecuándose a lo recomendado por la OIV y manteniendo valores cercanos al rango establecido de 20 mg/L de SO_2 libre para asegurar una protección antioxidante eficaz y una evolución sensorial estable. La prueba sensorial CATA permitió identificar atributos relevantes, como la intensidad de color, la claridad y la transparencia, el aroma frutal y la acidez, que variaron según vinos de cada región y el tratamiento. El análisis de correspondencias reveló perfiles diferenciados entre los vinos de Tacna (asociados a la intensidad de color, la acidez y la madera) y los de Moquegua (asociados a la claridad, el color ladrillo y el dulzor). La aceptación del vino mostró una tendencia decreciente a partir de la tercera fecha de evaluación (125 días en el vino de Moquegua y 139 en el de Tacna), registrándose una ligera disminución en la preferencia de los consumidores, hasta ubicarse en el nivel “me disgusta ligeramente”, con una puntuación de 4 puntos, según la escala hedónica de 9 puntos. En conclusión, estos resultados refuerzan la importancia de un manejo riguroso del O_2 disuelto y del SO_2 libre como herramientas clave para preservar la calidad sensorial y fisicoquímica del vino durante el almacenamiento en botella.

Palabras clave: SO_2 libre, O_2 disuelto, vino tinto, metabisulfito de potasio, almacenamiento, aceptación, calidad sensorial.

ABSTRACT

This research evaluated the evolution of the chemical and sensory parameters of a dry red wine from the Tacna and Moquegua regions, with the addition of potassium metabisulfite at three free SO_2 doses before bottling: 15 mg/L (T1), 30 mg/L (T2), and 45 mg/L (T3). The results showed a progressive decrease in free SO_2 throughout storage in all treatments. In treatment T1, an increase in dissolved O_2 levels, titratable acidity, and volatile acidity was observed, while the alcohol content decreased slightly. Regarding treatment T2, in the case of Tacna wine, free SO_2 remained safe (>10 mg/L) until the fifth month, and dissolved O_2 remained low (<1.5 mg/L) until day 199. In Moquegua wine, the dissolved O_2 remained adequate only until day 98 with a value of 1.08 mg/L, although free SO_2 remained within safe ranges until the end of the study. This intermediate dose of 30 mg/L of free SO_2 maintained a stable chemical composition (pH, alcohol content, total acidity, and volatile acidity). However, treatment T3 (45 mg/L of free SO_2) in wines from Moquegua and Tacna showed better chemical and sensory characteristics, meeting the OIV recommendations and maintaining values close to the established range of 20 mg/L of free SO_2 to ensure effective antioxidant protection and stable sensory evolution. The CATA sensory test identified relevant attributes, including color intensity, clarity and transparency, fruity aroma, and acidity, which varied across wines from each region and the treatment. Correspondence analysis revealed distinct profiles between the wines from Tacna (associated with color intensity, acidity, and oak influence) and Moquegua (associated with clarity, brick color, and sweetness). The wine's acceptance showed a decreasing trend from the third evaluation date onward (125 days for wine from Moquegua and 139 days for wine from Tacna), registering a slight decrease in consumer preference, down to the level of "I slightly dislike it" with a score of 4 points, according to the 9-point hedonic scale. In conclusion, these results reinforce the importance of rigorous management of dissolved O_2 and free SO_2 as key tools for preserving the sensory and physicochemical quality of wine during bottle storage.

Keywords: Free SO2, dissolved O2, red wine, potassium metabisulfite, storage, acceptability, sensory quality.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2
1.1. Descripción y formulación del problema 2
1.2. Objetivos 4
1.2.1. Objetivo general 4
1.2.2. Objetivos específicos 4
1.3. Justificación e importancia 4
1.4. Hipótesis 5
1.4.1. Hipótesis general 5
1.4.2. Hipótesis específicas 5
1.5. Variables 6
II. MARCO TEÓRICO 7
2.1. Antecedentes 7
2.2. Bases teóricas 8
2.2.1. Vino seco 8
2.2.2. Producción de vino 9
2.2.3. Crianza del vino 10
2.2.4. Crianza en botella 10
2.2.5. Fenómenos de evolución durante la crianza del vino en botella 11
2.2.6. Factores que afectan la crianza del vino en botella 14
2.3. Definición de términos 20
III. METODOLOGÍA 21
3.1. Tipo y nivel de investigación 21
3.2. Ámbito temporal y espacial 21
3.3. Muestra 21
3.4. Materiales 22
3.4.1. Materiales de vidrio 22
3.4.2. Equipos 22
3.4.3. Instrumentos 22
3.4.4. Insumos y reactivos 23
3.4.5. Fichas 23
3.5. Procedimientos 23

3.5.1. Acondicionamiento y preparación de las muestras 23
3.5.2. Análisis químico general 26
3.5.2.1. pH 27
3.5.2.2. Acidez por titulación 27
3.5.2.3. Grado alcohólico 27
3.5.2.4. Anhídrido sulfuroso libre 28
3.5.2.5. Acidez Volátil 28
3.5.2.6. Anhídrido carbónico 29
3.5.2.7. Oxígeno disuelto 29
3.5.3. Evaluación sensorial 29
3.6. Análisis estadístico 31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES 33
4.1. Adición de metabisulfito de potasio en vino tinto variedad Negra Criolla 33
4.1.1. Análisis químico, SO_2 libre, O_2 disuelto, CO_2 33
4.1.1.1. Análisis químico 33
4.1.1.2. SO_2 libre 38
4.1.1.3. O_2 disuelto 42
4.1.1.4. CO_2 45
4.1.2. Análisis sensorial 48
V. CONCLUSIONES 56
VI. RECOMENDACIONES 57
V. REFERENCIAS 58
VI. ANEXOS 71

Índice de abreviaturas y su significado

SO_2: Anhídrido sulfuroso

CO_2: Dióxido de carbono

O_2: Oxígeno

OTR: Tasa de Transferencia de Oxígeno

TPO: Oxígeno Total del Paquete

CA: Análisis de Correspondencia

MINAGRI: Ministerio de Agricultura y Riego

OIV: Organización Internacional de la Viña y el Vino

OENO: Enología

CATA: Check All That Apply ("Marque todo lo que aplique")

Cu: Cobre

Fe: Hierro

UV: Ultravioleta

T - A: Taninos – Antocianos

AOH: Antocianina Hidroxilada

TDN: Trimetil Dihidronaftaleno

TCA: Tricloroanisol

CDR: Cantidad diaria recomendada

v/v: volumen de soluto sobre volumen de solución

S: Sur

W: Oeste

T1: Tratamiento uno

T2: Tratamiento dos

T3: Tratamiento tres

OENO: Enología

AOAC: Asociación de Colaboración Analítica Oficial

NTP: Norma Técnica Peruana

INDECOPI: Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual

MIDAGRI: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

PRODUCE: Ministerio de la Producción

NaOH: Hidróxido de sodio

N: Normalidad

mg: miligramo

mEq: miliequivalente

s: segundo

mL: mililitro

g/L: gramos por litro

mg/L: miligramo por litro

Índice de Tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables independientes y dependientes……...6
Tabla 2 Caracterización química del vino de estudio……... 23
Tabla 3 Índice de combinación para vinos……25
Tabla 4 Corrección del SO_2 libre de los vinos de Tacna y Moquegua mediante adición de metabisulfito de potasio (KMBS) según el criterio de Peynaud…….. 25
Tabla 5 pH, acidez total, acidez volátil y grado alcohólico del vino tinto de la variedad Negra Criolla procedente de Tacna y Moquegua……33
Tabla 6 Evolución del contenido de oxígeno disuelto (mg/L) en vino tinto de la variedad Negra Criolla procedente de Tacna y Moquegua……42
Tabla 7 Perfil sociodemográfico y hábito de consumo de vino de los participantes……... 49

Índice de figuras

Figura 1 Estructura de piranoantociano formado por cicloadición……...12
Figura 2 Condensación Tanino – Antociano…….13
Figura 3 Diagrama del acondicionamiento y preparación de las muestras……...26
Figura 4 Evolución de la concentración de SO_2 libre en vino tinto de la variedad Negra Criolla de Tacna y Moquegua durante el periodo de almacenamiento en botella……38
Figura 5 Evolución de la concentración de CO_2 en vino tinto de la variedad Negra Criolla de Tacna y Moquegua durante el almacenamiento en botella……... 46
Figura 6 Efecto principal del tiempo de almacenamiento del vino tinto de la variedad Negra Criolla de Tacna y Moquegua…….. 50
Figura 7 Mapas perceptuales resultantes del análisis de correspondencia (CA) de datos obtenidos de la prueba CATA durante el tiempo de almacenamiento de vino tinto de variedad Negra Criolla de Tacna y Moquegua……. 52

INTRODUCCIÓN

La calidad final de un vino no depende solo de las prácticas de vinificación, sino también de su evolución durante el almacenamiento en botella (Hidalgo, 2018). Durante esta etapa, el vino sigue experimentando transformaciones fisicoquímicas y sensoriales en un sistema relativamente cerrado, donde pequeñas cantidades de O_2 y SO_2 determinan su estabilidad y calidad sensorial (Zhang et al., 2023).

Durante el almacenamiento en botella es importante mantener un equilibrio adecuado entre O_2 y SO_2 para preservar la calidad del vino. A medida que ambos reaccionan entre sí y con otros componentes de la matriz, disminuye el SO_2 libre, comprometiendo la actividad antioxidante y antimicrobiana en el vino (Ferrer-Gallego et al., 2018; Sacks et al., 2020). Por ello, determinar la dosis de adición de SO_2 resulta fundamental para mantener la calidad del vino durante el almacenamiento en botella.

En el contexto peruano, la variedad Negra Criolla (*Vitis vinifera*), descendiente de Listán Prieto de origen español, fue una de las primeras introducidas en Sudamérica y posee alto valor patrimonial y productivo (Lacoste, 2021). Sin embargo, la evolución de O_2 y SO_2 en vinos de Negra Criolla durante el almacenamiento en botella ha sido escasamente documentada. Evaluar sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales permitirá caracterizar el potencial de guarda, optimizar la gestión de SO_2 en bodega y establecer protocolos de vinificación más sostenibles.

Respecto a la resolución técnica OIV - OENO 631 - 2020, la Organización Internacional de la Viña y el Vino establece que, para asegurar una adecuada protección antioxidante, los vinos deben mantener concentraciones de SO_2 libre de 20 a 40 mg/L durante su conservación y evolución. Este rango constituye un equilibrio adecuado entre la eficacia antioxidante y la seguridad sensorial, minimizando el riesgo de defectos aromáticos asociados a dosis excesivas (OIV, 2020).

Este estudio tiene por objetivo evaluar el efecto de la adición de metabisulfito de potasio a dosis de 15, 30 y 45 mg/L de SO_2 libre previo al embotellado, sobre las propiedades fisicoquímicas (SO_2 libre, oxígeno disuelto, pH, acidez titulable, acidez volátil y grado alcohólico) y el perfil sensorial de vinos tintos de la variedad Negra Criolla procedentes de las ciudades de Tacna y Moquegua durante el almacenamiento en botella.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

En Perú, y en particular en Moquegua, la variedad Negra Criolla (*Vitis vinifera*) se cultiva aproximadamente 357 ha destinadas al sector vitivinícola, que representan cerca del 41 % de las uvas viníferas de la región (MINAGRI, 2008). Según Coaguila (2019), Delgado (2017) y Georffino (2016), esta variedad es susceptible a la oxidación debido a su menor concentración relativa de compuestos fenólicos en comparación con otras variedades tintas, lo que la convierte en una variedad con capacidad limitada de evolución durante el almacenamiento en botella o guarda.

Los vinos secos se caracterizan por presentar una concentración mínima de azúcares residuales, generalmente inferior a 4 g/L, lo que resalta atributos sensoriales como la acidez, la estructura tánica, teniendo en consideración que los taninos son los responsables de la astringencia en vino y la expresión aromática varietal. Para alcanzar una adecuada calidad, estos vinos requieren un equilibrio preciso entre dichos componentes y el contenido alcohólico, ya que la ausencia de dulzor los vuelve sensibles a las condiciones de elaboración, en particular al manejo del oxígeno, a la dosis de anhídrido sulfuroso, al control fermentativo y a la estabilidad microbiológica, así como a las condiciones de crianza en botella (Jackson, 2020; Waterhouse et al., 2016).

Una vez embotellado el vino, la vinificación continúa con la etapa de crianza en botella, determinante para la calidad final del producto que llega al consumidor. En este sentido, la crianza constituye un proceso de envejecimiento y maduración orientado a mejorar la calidad, la estabilidad y la complejidad del vino, que puede prolongarse durante meses o incluso años. Durante esta etapa, el vino experimenta diversas transformaciones fisicoquímicas y sensoriales, impulsadas tanto por su propia matriz, que incluye agua, etanol, azúcares mono y polisacáridos, ácidos orgánicos como el tartárico, compuestos fenólicos y volátiles, iones metálicos como Cu y Fe, acetaldehído y sustancias coloidales, como por la influencia de compuestos incorporados durante el embotellado, tales como dióxido de azufre, nitrógeno, dióxido de carbono (CO_2) y oxígeno (O_2), los cuales influyen de manera significativa en la evolución del vino durante su almacenamiento (Bakker & Clarke, 2011; Jackson, 2020; Toussaint et al., 2014).

Durante la crianza en botella, la calidad del vino suele incrementarse gradualmente hasta alcanzar un punto máximo, para luego disminuir de manera progresiva, describiendo una curva en forma de campana invertida. No obstante, el tiempo necesario para alcanzar dicho máximo no es fijo y depende de factores como la variedad de uva, la composición fenólica, el grado alcohólico, las condiciones de elaboración y la gestión del oxígeno y del anhídrido sulfuroso durante el almacenamiento. En vinos secos tintos de consumo temprano, como los elaborados con la variedad Negra Criolla, diversos autores señalan que este punto óptimo suele alcanzarse en periodos relativamente cortos, que oscilan entre algunos meses y pocos años, tras los cuales se incrementa el riesgo de degradación sensorial asociada a procesos oxidativos (Hidalgo, 2018).

Para poder conservar la calidad de un vino en la industria vitivinícola se utiliza SO_2 por su acción antioxidante y antimicrobiana (Ferrer-Gallego et al., 2018; Giacosa et al., 2019). Dosis bajas o moderadas contribuyen a mantener un adecuado color, aroma y sabor al limitar la oxidación de fenoles y el pardeamiento (Bakker et al., 1998; Godden et al., 2001; Ough & Crowell, 1987). Sin embargo, dosis altas se asocian con defectos de carácter reducido como aroma a huevo podrido, trufa, ajo, repollo, caucho quemado, y cebolla (Ailer et al., 2022; Siebert et al., 2010) y con posibles efectos adversos para la salud cuando la ingesta resulta elevada (Guerrero & Cantos-Villar, 2015; Lester, 1995; Vally et al., 2009; Vally & Misso, 2012). A partir de este contexto, el estudio plantea las siguientes dos preguntas:

- ¿Cuál es el efecto de la adición de metabisulfito de potasio a concentraciones de 15, 30 y 45 mg/L de SO_2 libre sobre la evolución del SO_2 libre y del oxígeno disuelto, así como sobre los parámetros fisicoquímicos (pH, acidez total, acidez volátil y grado alcohólico) de un vino tinto seco de la variedad Negra Criolla durante su almacenamiento en botella?
- ¿Cómo influye la dosis inicial de SO_2, adicionada mediante metabisulfito de potasio, en la evolución del perfil sensorial descriptivo y en el nivel de aceptación de un vino tinto seco de la variedad Negra Criolla durante su almacenamiento en botella?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la adición de diferentes dosis de metabisulfito de potasio previo al embotellado sobre las características químicas y el perfil sensorial de un vino tinto seco de la variedad Negra Criolla durante su almacenamiento en botella.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la adición de metabisulfito de potasio a 15, 30 y 45 mg/L de SO_2 libre sobre la evolución de las características fisicoquímicas del vino, como pH, acidez total, acidez volátil y grado alcohólico, así como sobre la concentración de SO_2 libre y de oxígeno disuelto durante el almacenamiento en botella.

- Caracterizar el perfil sensorial descriptivo y de aceptación del vino durante el almacenamiento en botella en función de la dosis de SO_2 mediante la adición de metabisulfito de potasio.

1.3. Justificación e importancia

El almacenamiento en botella determina la estabilidad fisicoquímica y la aceptación sensorial del vino. Definir una dosis adecuada de SO_2 antes del embotellado sigue siendo una decisión crítica en la bodega. Este estudio se justifica por las siguientes razones:

Existe un vacío de conocimiento respecto a la variedad Negra Criolla. A pesar del creciente interés por el estudio de las variedades tradicionales, la información disponible sobre el comportamiento de esta variedad durante el almacenamiento en botella sigue siendo limitada. En este sentido, la presente investigación aportará evidencia científica sobre su evolución fisicoquímica y sensorial, así como sobre su aptitud para la guarda en botella.

Asimismo, la información sobre la evolución del dióxido de azufre y del oxígeno disuelto en vinos de la variedad Negra Criolla es escasa. La dinámica del oxígeno disuelto y la disminución progresiva del SO_2 constituyen factores determinantes de la estabilidad del vino durante el almacenamiento. El análisis de estos procesos permitirá comprender con mayor profundidad los mecanismos oxidativos y reductivos que influyen en la calidad final del vino embotellado.

Finalmente, la gestión inadecuada de las dosis de SO_2 durante la etapa de embotellado constituye un problema relevante en la producción vitivinícola. El uso excesivo de dióxido de azufre puede generar pérdidas económicas, impactos ambientales y riesgos potenciales para la salud del consumidor. En este contexto, la evaluación de dosis reducidas que permitan mantener la estabilidad química y la calidad sensorial del vino contribuirá al establecimiento de prácticas enológicas más eficientes y sostenibles.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La adición de diferentes dosis de metabisulfito de potasio antes del embotellado influye significativamente en las características químicas y en el perfil sensorial del vino tinto seco de la variedad Negra Criolla durante el almacenamiento en botella.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Las tres dosis de metabisulfito de potasio utilizadas para aportar 15, 30 y 45 mg/L de SO_2 generan diferencias significativas en las características químicas del vino (pH, acidez total, acidez volátil, grado alcohólico), así como en la cinética de evolución del SO_2 libre, del oxígeno disuelto y del CO_2 durante el almacenamiento en botella.
- El perfil sensorial descriptivo y el nivel de aceptabilidad del vino durante el almacenamiento en botella varían significativamente en función de la dosis de metabisulfito de potasio añadida.

1.5. Variables

Las variables independientes y dependientes fueron organizadas en la Tabla 1.

Tabla 1

Operacionalización de variables independientes y dependientes.

Variables	Factor de medición	Indicadores	Instrumentos de medición
Independientes			
Concentración de SO_2 libre	Dosis corregida de SO_2 libre	15, 30, 45 mg/L	Método de aspiración
Tiempo de almacenamiento	Fecha de muestreo	Días	Días
Dependientes			
	SO_2	mg/L	Método de aspiración
	O_2	mg/L	Medidor de oxígeno disuelto
SO_2 libre	CO_2	g/L	Carbodosificador
O_2 Disuelto	pH	pH	Potenciometría
CO_2	Alcohol	%	Destilación
Análisis químico	Acidez total, acidez volátil, azúcares Reductores	mg/L	Titulación
Perfil descriptivo	Atributos sensoriales	Frecuencia de citación	Fichas de evaluación sensorial
Perfil hedónico	Aceptación	Escala hedónica	Fichas de evaluación sensorial

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Puech et al. (2006), estudiaron cinco vinos embotellados, de los cuales cuatro tintos (CDR rouge 2000, CDR rouge 1999, CDR Villages 1999 y Vacqueyras rouge 1999) y un rosado (CDR rosé 2000), bajo distintas condiciones de almacenamiento en un periodo de 36 meses; se evaluaron características fisicoquímicas y sensoriales con mediciones desde los 3 meses hasta los 36 meses. Los vinos se embotellaron con SO_2 libre inicial entre 13 mg/L (Vacqueyras rouge) y 27 mg/L (CDR rouge 2000) y se almacenaron en condiciones adecuadas y a baja temperatura estable (14 °C, oscuridad, botella horizontal), en condiciones medio estables (22 °C, luz, botella de pie) o en condiciones variables (12–26 °C, luz, botella de pie o horizontal). Se observó que la pérdida de SO_2 libre fue más rápida en condiciones adversas o variables, como la posición de la botella, la intensidad de la luz y la temperatura, alcanzando hasta un 80 % de reducción a los 36 meses, mientras que en condiciones óptimas o estables la caída fue de aproximadamente un 60 %, afectando especialmente a Vacqueyras rouge, que mostró valores críticos antes de los 24 meses. La disminución de SO_2 libre se acompañó de una pérdida de antocianos y un aumento de la tonalidad amarillenta, con efectos sensoriales evidentes: los vinos conservados a 14 °C, en oscuridad y tumbados, mantuvieron mayor frescura y volumen en boca, mientras que los expuestos a temperaturas más altas o variables presentaron mayor oxidación y menor aceptabilidad. Entre las limitaciones, se destaca la ausencia de medición directa del oxígeno disuelto y del intercambio relacionado con la pérdida de SO_2 y la entrada de O_2 durante la conservación.

Lukić et al. (2020) trabajaron con vinos Cabernet Sauvignon y Graševina durante 12 meses a 12 °C; en el vino tinto la cantidad de SO_2 libre se mantuvo aproximadamente en 15 mg/L y en el blanco alrededor de 25 mg/L, observando una disminución más marcada en las muestras con menor SO_2, lo que se relaciona con la mayor pérdida de compuestos fenólicos y ligera reducción de calidad sensorial del vino. Estas investigaciones destacan que la pérdida de SO_2 en botella depende del nivel inicial, la temperatura, el oxígeno disponible y la permeabilidad del cierre, mientras que las limitaciones comunes incluyen la evaluación restringida a pocas variedades, periodos de almacenamiento relativamente cortos y la ausencia de análisis completos de las interacciones químicas de SO_2. Entre las líneas pendientes

se encuentran la evaluación de una mayor variedad de vinos para conocer los cambios con el tiempo, estudios a largo plazo, análisis de las interacciones químicas entre SO_2 y fenoles y compuestos aromáticos, y la optimización de estrategias de preservación para mantener la calidad sensorial durante el almacenamiento.

Giuffrida de Esteban et al. (2019), evaluaron vinos Malbec durante 24 meses a 15 °C y 25 °C, observando una reducción continua de SO_2 libre y oxígeno disuelto, más pronunciada con cierres más permeables y a mayor temperatura. La pérdida de SO_2 y O_2 se acompañó de una disminución de antocianos, taninos y compuestos aromáticos, mientras que aumentaron los pigmentos poliméricos y ciertos compuestos secundarios. Sensorialmente, los vinos almacenados a menor temperatura y con cierres menos permeables mantuvieron frescura y volumen en boca. Como limitación, el estudio se centró en una sola variedad y región, quedando pendiente evaluar otras condiciones y la relación exacta entre el consumo de O_2 y la pérdida de SO_2.

Dimkou et al. (2011), demostraron que el oxígeno del espacio de cabeza al embotellar fue el principal determinante de la pérdida de SO_2 durante los primeros cuatro meses de almacenamiento en botellas de 375 mL. Luego de 24 meses, las diferencias de color se explicaron por el oxígeno del espacio de cabeza y por la tasa de transferencia de oxígeno (OTR) del sistema de cierre. Además, una menor cantidad de O_2 en el espacio de cabeza al embotellar se asoció con concentraciones finales más altas de SO_2.

En conjunto, la evidencia confirma que las concentraciones adecuadas de SO_2 y O_2, así como las condiciones de crianza o de almacenamiento, modulan la estabilidad química y sensorial del vino. Sin embargo, persiste un vacío en los contextos locales para variedades tradicionales como Negra Criolla, considerando las propiedades sensoriales desde la perspectiva del consumidor, lo que fundamenta el enfoque del presente estudio.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Vino seco

El vino resultante de la fermentación alcohólica mediante el mosto de la uva, llega a contener cantidades de alcohol moderadas con respecto a otras bebidas espirituosas para su estabilización, producto heterogéneo cuya variabilidad depende de cada variedad de uva, del proceso de elaboración a emplear. (Belda et al., 2014).

Los vinos secos son aquellos en los que la fermentación alcohólica se completa casi en su totalidad, lo que da lugar a concentraciones de azúcares residuales generalmente inferiores a 4 g/L. Esta característica confiere un perfil sensorial dominado por la acidez, la estructura fenólica y la expresión aromática, lo que hace que su calidad y estabilidad dependan estrechamente del equilibrio entre la composición química, el grado alcohólico y el manejo tecnológico durante la elaboración y la crianza (Jackson, 2020; Waterhouse et al., 2016).

2.2.2. Producción de vino

La vitivinicultura en la ciudad de Moquegua se mantiene como una actividad de gran relevancia dentro de la agricultura regional, aunque con una escala productiva menor que la de regiones líderes a nivel nacional, como Ica y Lima. Según informes sectoriales, la región cuenta con aproximadamente 870 a 880 hectáreas cultivadas con vid, destinadas principalmente a la producción de vino y otros derivados, lo cual evidencia el aumento de la producción y la importancia del cultivo de la vid en la economía agrícola local (MIDAGRI, 2022).

Estadísticas oficiales indican que la producción de uva en Moquegua ha presentado variaciones interanuales, con periodos de incremento y disminución asociados a factores climáticos, disponibilidad hídrica y condiciones del mercado, por lo cual la región continúa aportando a la producción vitivinícola nacional, principalmente a través de sistemas productivos caracterizados por prácticas tradicionales y una orientación artesanal en la producción de vinos y vid (INEI, 2023).

En los últimos años, las regiones de Moquegua, como Tacna, han destacado por la calidad de sus vinos, reflejada en la participación y el reconocimiento de bodegas locales en concursos vitivinícolas locales y nacionales, donde han obtenido reconocimientos y distinciones por la calidad de las muestras de vino. Este reconocimiento evidencia una orientación productiva centrada en la diferenciación por calidad, identidad territorial y valor cultural, más que en la producción a gran escala, y por lo cual la producción de vino en las regiones de Moquegua como de Tacna representan un sector con potencial de desarrollo económico y cultural, constituyéndose en un escenario pertinente para el estudio de procesos enológicos, como la evolución fisicoquímica y sensorial del vino durante su crianza (PRODUCE, 2023).

2.2.3. Crianza del vino

La definición de crianza se aplica a los vinos sometidos a un proceso de envejecimiento, evolución o almacenamiento que modifica sus caracteres sensoriales debido a fenómenos de origen físico, químico y biológico. No existe un solo tipo de crianza aplicable a los vinos, sino que esta puede realizarse en distintos envases y, por lo tanto, sometida a diferentes condiciones de envejecimiento, en las que destacan especialmente los niveles de oxidación o de reducción (Ribéreau-Gayon et al., 2021).

a) **Crianza reductora:** los vinos evolucionan en ausencia casi total de O_2, aplicando técnicas que impiden la oxidación, se conservan en depósitos herméticos y, más tarde, en botellas bien cerradas, donde sus caracteres se desarrollan en un ambiente reductor. El tiempo de crianza reductora en botella suele oscilar entre 6 meses y 3 años para la mayoría de vinos tranquilos (Hidalgo, 2018).

2.2.4. Crianza en botella

Las condiciones de crianza en botella son predominantemente reductoras; sin embargo, puede producirse el ingreso de oxígeno a través del sistema de cierre, en cantidades muy limitadas, generalmente inferiores a 1 mg/L y, en la mayoría de los casos, comprendidas entre 0,1 y 0,5 mg/L, a lo largo del periodo de almacenamiento. Aunque reducida, esta entrada de oxígeno puede desempeñar un papel determinante en la evolución química y sensorial del vino durante la crianza. Este ingreso tiene dos orígenes principales: primero, tras el llenado y taponado de una botella de 750 mL, en el que podría quedar una pequeña cantidad de aire en el cuello de la botella, disuelto en el vino, según el tipo de llenadora utilizada. Además, durante las primeras semanas pueden penetrar algunas décimas de mililitro de aire, seguidas de pequeñas fracciones adicionales en los meses siguientes, debido a la falta de hermeticidad inicial del corcho, a su expansión progresiva y al aire propio contenido en su estructura. Segundo, las fluctuaciones de la temperatura externa provocan dilataciones y contracciones del vino, actuando como una bomba que facilita la entrada de aire. Por ejemplo, una variación de 15 °C puede generar un intercambio de hasta 4 mL de volumen, equivalente a un ingreso de aproximadamente 0,4 a 0,8 mL de oxígeno por cada cambio térmico (Hidalgo, 2018).

2.2.5. Fenómenos de evolución durante la crianza del vino en botella

Durante la crianza en botella se produce una serie de fenómenos de evolución, los cuales son los siguientes:

a) Disminución de la intensidad del color

La evolución de los vinos va acompañada de un cambio de color hacia matices anaranjados o amarillentos. La disminución de los tonos violetas y el desarrollo de tonos rojo anaranjado en los vinos durante el envejecimiento está relacionado con la disminución de los valores de antocianos libres (Ćurko et al., 2021; Giuffrida de Esteban et al., 2019). En este contexto, la reducción de los antocianos monoméricos se vincula tanto a su degradación oxidativa como a su participación en reacciones de copigmentación y condensación con compuestos fenólicos y aldehídos, dando lugar a la formación de pigmentos más estables, como las piranoantocianinas y vitisinas (Ćurko et al., 2021; Giuffrida de Esteban et al., 2019), y formación de nuevos compuestos más estables como los piranoantocianinas o vitisinas (Atanasova et al., 2002). Por otro lado, se ha observado vinos tratados almacenados en botella con microoxigenación con bajos niveles de SO_2 y glutatión, mostraron mucho más acetaldehído y pigmentos poliméricos estables y un color más estable (Gambuti et al., 2019).

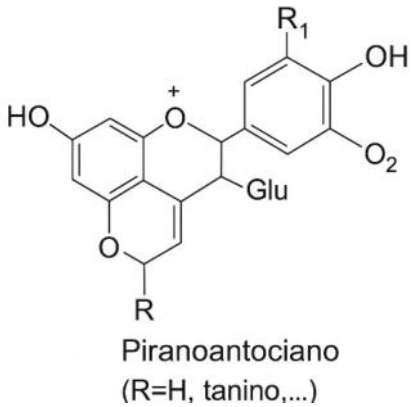
- **Reacciones de cicloadición**

En el vino se han identificado nuevos pigmentos derivados de los antocianos libres, conocidos como piranoantocianinas, que se forman mediante reacciones de cicloadición entre los antocianos y compuestos de bajo peso molecular, principalmente metabolitos producidos por las levaduras, como acetaldehído, ácido pirúvico y vinilfenoles, así como otros compuestos, como el etilflavanol, originado por la ruptura de flavanoles unidos por puentes de acetilo (Atanasova et al., 2002). Asimismo, pueden formarse especies de mayor peso molecular en las que la unidad de piranoantocianina se encuentra unida a moléculas de tanino. Los pigmentos formados absorben a longitudes de onda menores que los antocianos libres, lo que contribuye al desplazamiento del color desde tonalidades rojo-violáceas hacia matices rojo-anaranjados durante el envejecimiento del vino (Alcalde-Eon et al., 2006), y presentan una elevada estabilidad frente a variaciones de pH y a la acción del dióxido de azufre. Desde el punto de vista químico, estos procesos implican la conversión de antocianos monoméricos, altamente reactivos e inestables, en

estructuras condensadas y poliméricas menos susceptibles a reacciones de oxidación y sulfitación, lo que explica la mayor estabilidad cromática del vino a lo largo del envejecimiento (Atanasova et al., 2002). Las piranoantocianinas constituyen a los pigmentos derivados de la antocianina que se producen de forma natural en el vino tinto, son productos de cicloadición, que tienen un anillo de pirano adicional entre la posición C4 en el anillo C y el grupo hidroxilo en la posición C5 en el anillo A de la molécula de antocianina (Rentzsch et al., 2007).

Figura 1

Estructura de piranoantociano formado por cicloadición



b) Disminución de la astringencia

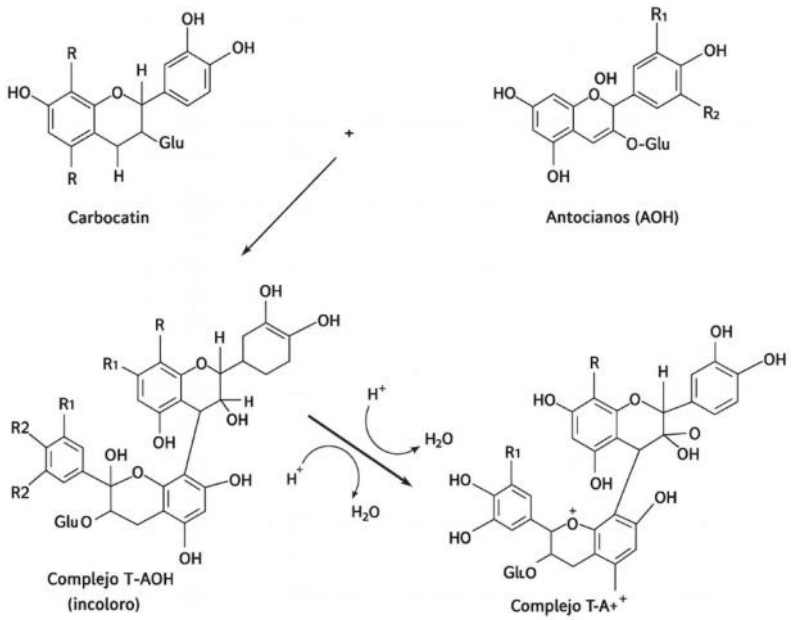
Los vinos tintos jóvenes de alta calidad son ricos en taninos monoméricos/oligoméricos que tienen un gusto astringente y amargo, pero con la crianza de vinos los taninos participan en varias reacciones con otros compuestos de los vinos (como antocianinas y acetaldehído), cambiando las características sensoriales del vino, para convertirse menos agresivos y más suaves en boca y de esta manera genera una estabilidad sensorial (Waterhouse, Frost, et al., 2016).

Las procianidinas (taninos) en ausencia de oxígeno se hidrolizan formando carbocationes de carga eléctrica positiva, que pueden reaccionar con otras moléculas de procianidinas, formando unos polímeros homogéneos o lineales de mayor peso molecular posteriormente producen la precipitación de los polímeros formados; o bien con pequeñas cantidades de microoxigenación, puede unirse a los antocianos bajo la forma de carbinol produciendo la reacción de condensación de tanino - antociano, contribuyendo a la estabilización del color y reducción de la astringencia del vino provocado por la formación de compuestos fenólicos polimerizados menos reactivos (Ćurko et al., 2021; Fulcrand et al., 2006).

- **Condensación Taninos - Antocianos (T - A)**

Las procianidinas en un medio ácido como el vino, pueden hidrolizarse formando un carbocatión que reacciona con los antocianos (Haslam, 1980) bajo la forma hemiacetálica (AOH), produciendo de esta manera un complejo incoloro que se colorea seguidamente de rojo anaranjado después de su deshidratación (Figura 2). Esta condensación se ve favorecida por la ausencia de oxígeno y la baja temperatura, lo que explica la evolución de los vinos almacenados en ambientes reductores, como depósitos o botellas. Este tipo de reacción depende de la concentración de antocianos en el medio, y el color varía según la naturaleza del carbocatión y el grado de polimerización.

Figura 2
Condensación Tanino - Antociano



c) Evolución de los aromas

Durante la crianza reductiva del vino en botella, la concentración de ésteres, fenoles volátiles, y ácidos orgánicos de cadena corta, en general la intensidad aromática y la fruta fresca disminuye mientras que los niveles de norisoprenoides, furanoides y terpenoides, linalool y el carácter oxidado aumenta (Castellanos et al., 2021).

El perfil floral frutal de los vinos jóvenes dominado por aromas fermentativos se modifica químicamente por interacciones intermoleculares, oxidaciones, reducciones, hidrólisis, hacia aromas más complejos con formación de

furanoides de furanoides y liberación de precursores (Ailer et al., 2022; Linsenmeier et al., 2010).

En relación a los vinos tintos, estos se benefician con una pequeña dosis de microoxigenación, mejorando su aroma (Ćurko et al., 2021). Sin embargo, oxidaciones excesivas suponen pérdida de aromas frutales, así como un aumento de los aromas de tipo aldehídos y el pardeamiento de los vinos (Escudero et al., 2002; Lambropoulos & Roussis, 2007).

2.2.6. Factores que afectan la crianza del vino en botella

Los fenómenos producidos durante la crianza del vino en botella pueden ser afectados por los siguientes factores:

a) Temperatura

La temperatura es uno de los factores más importantes que provocan el deterioro del vino. Las altas temperaturas tienen un efecto significativo sobre la cinética de reacciones ocurridas en el vino alterando irreversiblemente las características químicas y sensoriales del vino, y acelerando el envejecimiento del vino (Scrimgeour et al., 2015). En un estudio se observó que el vino tinto almacenado a 14 °C, durante 36 meses, mantuvo mayores niveles de antocianinas y mostró menor tonalidad amarilla, aromas oxidados y afrutados, que los conservados a 26 °C (Puech et al., 2006). De manera similar, se observó una disminución de la intensidad aromática, fruta fresca, matices amarillos y un aumento del tono marrón, la intensidad de color, el carácter herbáceo y oxidado en vino Torrontes Riojano almacenado durante 18 meses a temperatura de 25 °C y tapón sintético; mientras que el vino almacenado a 15 °C, se caracterizó por presentar alta intensidad aromática, a frutos frescos y floral (Castellanos et al., 2021).

Debido a ello, la temperatura ideal de almacenamiento debe ser constante y relativamente baja entre 12 °C a 15 °C, y nunca superior a los 18 °C a 20 °C, donde los vinos evolucionan rápidamente y en las malas condiciones (Cassino et al., 2019).

b) Luz

La luz, especialmente los rayos ultravioletas (UV) de la luz solar o de las luces fluorescentes, es un inductor importante de la oxidación del vino durante el almacenamiento en botella, produciendo efectos perjudiciales en los atributos sensoriales del vino. La exposición prolongada a la luz durante el almacenamiento del vino incrementa la concentración de furfural y 5-metil-2-furaldehído después de 15 meses en botella, compuestos que se han vinculado con la aparición de aromas a vegetales cocidos, aldehídos y notas de caramelo propias de la oxidación (Pati et al., 2020a). Asimismo, se ha observado una disminución de los fenoles totales, los flavonoides totales, los flavanoles totales y las antocianinas en el vino rosé almacenado en botella de sílex (Lan et al., 2021).

El uso de botellas de vidrio oscuro se justifica por su capacidad para minimizar la exposición a la luz y preservar la calidad del vino. Por lo tanto, el uso de botellas de vidrio oscuro (ámbar o verde) está justificado por su capacidad para minimizar la exposición a la luz y preservar la calidad del vino (Lan et al., 2021). En un estudio se observó, bajo las condiciones típicas de un supermercado, las botellas de vidrio verde pueden proporcionar un alto grado de protección del vino hasta más de 50 días (Arapitsas et al., 2020).

c) Humedad

La humedad de la bodega es especialmente importante para el almacenamiento del vino en botella. Las variaciones en los niveles de humedad afectan la permeabilidad de los cierres, especialmente en los vinos sellados con corcho. En condiciones de alta humedad, el corcho tiende a expandirse al absorber agua, mientras que en ambientes secos se deshidrata y contrae, lo que genera espacios entre el corcho y el cuello de la botella. Esta pérdida de hermeticidad facilita la entrada de oxígeno, acelerando el proceso de envejecimiento del vino (Crouvisier-Urion et al., 2018). Además, una humedad muy baja puede resecar el corcho tradicional, lo que puede provocar problemas de sellado y, con el tiempo, una rápida degradación del vino. Mientras que, una mayor humedad puede favorecer la proliferación de mohos, lo que puede originar defectos sensoriales en el vino (Cassino et al., 2019).

Por lo tanto, es necesario controlar estrictamente la humedad de almacenamiento del vino, asegurando que el ambiente de la bodega esté limpio y

reduciendo la proliferación de bacterias y otros microorganismos. Un adecuado nivel de la humedad relativa en la crianza de los vinos, que por una parte trata de evitar las excesivas pérdidas, y por otra mantener la calidad de los mismos, puede ser del orden del 70% a 80% siempre que no se produzcan condensaciones de agua sobre las instalaciones de crianza, para evitar las formaciones de mohos en la bodega durante la crianza del vino (Hidalgo, 2018).

d) Posición de la botella

El almacenamiento del vino en botella, en posición horizontal, favorece su conservación, ya que mantiene el corcho en contacto con el líquido y preserva su humedad. Diferentes estudios observaron efectos positivos de los vinos almacenados en posición horizontal. Es así que en un estudio se observó que el vino tinto almacenado en posición horizontal durante 12 meses presentó un retraso en su descomposición, en comparación al vino almacenado en posición vertical que mostró una degradación significativa en la calidad sensorial (Venturi et al., 2017). De manera similar, se observó que el vino Oporto Vintage almacenado en posición horizontal durante 44 meses reveló niveles más altos de proantocianidinas totales, estructuras más complejas y astringente (mayor actividad de taninos), en comparación con los vinos almacenados en posición vertical, que presentaron menor actividad de taninos y niveles más altos de furfural y 5-metilfurfural (Azevedo et al., 2022). Asimismo, en otro estudio se observó en vinos almacenados en botellas con diferentes sistemas de sellado en posición vertical durante 36 meses presentaron niveles más altos de acetaldehído que generó el olor a oxidación en vinos blancos y tintos (Mas et al., 2002). No obstante, en otro estudio no encontraron diferencias de composición y perfil sensorial en vinos blancos con respecto a la orientación de la botella después de 5 años cuando el vino es almacenado bajo condiciones controladas (Skouroumounis et al., 2005).

e) Tipo de cierre o sistema de tapado

El tipo de cierre empleado en el embotellado actúa como la única membrana permeable entre el vino y el medio ambiente. Esta membrana regula la tasa de transferencia de gases del exterior y del interior de la botella a través de la migración de compuestos volátiles (Crouvisier-Urion et al., 2018).

Independientemente del método de cierre empleado, los tapones técnicos presentan la menor permeabilidad a los gases, seguidos por los de rosca, los corchos naturales y, por último, los tapones sintéticos (Zhang et al., 2023). Cabe resaltar que el coeficiente de difusión, al ser un parámetro intrínseco del material, constituye el indicador más significativo para evaluar la capacidad de los tapones en función de su efecto barrera frente a la transferencia gaseosa (Crouvisier-Urion et al., 2018). Actualmente, existen tres tipos principales de tapones en el mercado: corcho natural, corcho sintético y tapón de rosca.

Se encontró, que los vinos embotellados con corcho natural mostraron concentraciones más elevadas de compuestos como decanoato de etilo, 2-feniletanol, (S)-3-etil-4-metilpentanol, hexanoato de etilo, estireno y lactato de isoamilo (contribuyen al aroma frutal y floral), en comparación con aquellos sellados con tapones sintéticos (Liu et al., 2016).

Por otro lado, se observó que los vinos sellados con corcho natural pueden absorber ciertos compuestos durante el almacenamiento. Por ejemplo, el vino puede absorber compuestos indeseables como 2,4,6-tricloroanisol (TCA) que produce sabor a corcho (Tarasov et al., 2017). Además, se observó que los vinos con tapones de corcho mostraron una rápida desoxidación, independientemente de las condiciones de almacenamiento; sin embargo, solo absorbieron una cantidad limitada de 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno (TDN). En el caso de los tapones de rosca Bague Vérinée Stuetz, solo se observó una ligera disminución de TDN en el vino en todas las variantes (Tarasov et al., 2019).

Respecto a otros tipos de tapones, se observó que en vinos blanco almacenado con tapones microaglomerados y aglomerados fueron menos afrutados que los tapones con corcho natural y colmatado, sin embargo, los vinos con tapa rosca fueron más reducidos y poco afrutados y oxidados (Dimkou et al., 2013; Lopes et al., 2009).

f) Oxígeno disuelto en el vino

El O_2 disuelto en el vino tinto para embotellado debe medirse antes de iniciar el embotellado y, preferiblemente, debe ser inferior a 0,5 mg/L. Si los niveles de oxígeno previos al embotellado son mucho más altos, se pueden adicionar gases inertes (CO_2) previos al embotellado a niveles de 800 a 850 mg/L (CO_2 disuelto) (Grainger, 2021b). Después del embotellado, el consumo de oxígeno es lento, con

una disolución persistente de 0,5 mg/L de oxígeno hasta seis meses después (Waterhouse, Frost, et al., 2016).

En general el consumo de oxígeno durante el almacenamiento en botella está entre 0,005–5 mg/L por año (Grainger, 2021b). Sin embargo, eso depende del tipo de cierre utilizado, tapón de corcho natural, corcho sintético, tapón de rosca, tapones microaglomerados, entre otros.

Se ha observado que la OTR en las botellas fue más baja con tapones de rosca, corchos "técnicos" (tapones microaglomerados) y más alta en los corchos sintéticos (Lopes et al., 2006). Por el contrario, el corcho natural presenta una OTR extremadamente variable debido a su variabilidad estructural intrínseca (Godden et al., 2001); estos valores se sitúan entre 0,05 y 3,35 mg de oxígeno al año (Lopes et al., 2006, 2007). Además, se ha observado que vinos almacenados con tapones de corcho natural pueden lograr una estabilidad de la permeabilidad al oxígeno al tercer día, manteniéndose estable posteriormente con valores mínimos de OTR (Ferrer-Gallego et al., 2018).

Esta diferencia en el consumo de O_2 se debe al tipo de vino y a sus componentes naturales. Los vinos tintos presentan una mayor cantidad de compuestos fenólicos que los vinos blancos. La concentración fenólica del vino es una indicación de su capacidad de consumo de O_2; los vinos tintos con mayor contenido de fenoles son capaces de consumir mayores concentraciones de O_2. Se calcula que un vino tinto joven y con cuerpo puede consumir 2,4 g o más de O_2 en condiciones de acidez baja (du Toit et al., 2006).

g) Anhidrido sulfuroso (SO_2)

El SO_2 es uno de los productos enológicos más utilizados en la vinificación, por su actividad antioxidante y antimicrobiana. El SO_2 se adiciona principalmente en algunas etapas de la uva o del mosto, tras finalizada la fermentación y antes del embotellado de los vinos. Una vez que se añade anhidrido sulfuroso al vino, este se disocia en tres especies moleculares: SO2 molecular (SO2·H2O), bisulfito (HSO_3^-) y sulfito (SO_3^{-2}) (Divol et al., 2012).

El pH del vino influye en el equilibrio químico entre las especies. El SO_2 molecular predomina en pH 0-2, el bisulfito en pH 2-7 y el sulfito en pH 7-10. Dado que los vinos suelen tener pH 3-4, el bisulfito HSO_3^- es dominante (>90 %), el SO_2

molecular contribuye 0-5 %, y el sulfito es insignificante, estas tres especies moleculares se conocen como SO_2 libre (Lisanti et al., 2019).

En el vino, el SO_2 se presenta como SO_2 libre y combinado. El SO_2 libre resulta de la suma de SO_2 molecular y del ión bisulfito (HSO_3^-). El SO_2 combinado corresponde a aductos covalentes de HSO_3^- con compuestos susceptibles de ataque electrófilo, como compuestos carbonílicos, azúcares y antocianinas. El SO_2 total es la suma de ambas fracciones(Boulton et al., 1999; Sacks et al., 2020; Waterhouse, Frost, et al., 2016). La protección antioxidante y antimicrobiana la ejerce principalmente el SO_2 libre (Ferrer-Gallego et al., 2018; Giacosa et al., 2019).

Antes del embotellado, los niveles de SO_2 libre deben ajustarse, entre los valores de 20 a 40 mg/L de SO_2 libre para vino tinto seco (≤ 4 g/L azúcar residual), arriba de esos valores el vino puede tomar olores de reducción (Hidalgo, 2018; Ribéreau-Gayon et al., 2021). Sin embargo, este nivel debe relacionarse con otros factores, como el pH del vino, ya que un pH más bajo requiere menos adición. Por ejemplo, un vino tinto con pH 3,1 podría requerir 16 mg/L para su protección; pero el mismo vino con pH 3,9, necesitaría 99 mg/L, muy por encima del umbral permitido (Grainger & Tattersall, 2016). No obstante, después del embotellado existe una pérdida de SO_2, el cual depende de muchos factores como la permeabilidad del tapón, oxígeno total del vino, acidez, pH, alcohol, tipos de aglutinantes de SO_2, composición fenólica, entre otros (Sacks et al., 2020).

Por ejemplo, el oxígeno total envasado (TPO) es la suma de oxígeno disuelto más el oxígeno contenido en la cámara de aire de la botella, que después del embotellado puede ser de hasta 4-5 mg/L, y esto podría consumir hasta 16 mg/L de SO_2 libre, dejando al vino expuesto a la oxidación y/o deterioro bacteriano, se recomienda mantener los niveles de TPO inferiores a 1,0 – 1,25 mg/L para los vinos tintos e inferiores a 0,5 – 0,6 mg/L para los vinos blancos (Grainger, 2021b).

Además, se ha observado que la disminución del SO_2 libre se da principalmente entre los 2 y 6 primeros meses de almacenamiento en botella en el vino blanco (Dimkou et al., 2011; Lopes et al., 2009; Sacks et al., 2020), y entre los 6 - 12 meses en el vino tinto (Giuffrida de Esteban et al., 2019; Sacks et al., 2020). Esta disminución es debido principalmente al contenido de oxígeno disuelto presente en el vino durante el proceso de embotellado, posteriormente estas pérdidas son mínimas debido a la tasa de transferencia de O_2 que tiene el tapón de corcho (Dimkou et al., 2011).

2.3. Definición de términos

- **Crianza en botella**: fase del vino que transcurre después del embotellado; durante un periodo, el vino permanece almacenado en condiciones controladas.
- **O_2 disuelto**: cantidad de oxígeno presente en solución en el vino, generalmente medida en miligramos por litro (mg/L).
- **Anhídrido sulfuroso (SO_2)**: compuesto químico utilizado en la vinificación por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Se presenta en forma libre y combinada en el vino; su adecuada gestión es clave para preservar la calidad durante la crianza.
- **Cinética de consumo:** estudio del ritmo o velocidad con que se consume una sustancia (como O_2 o SO_2) durante un proceso determinado, en este caso, el almacenamiento del vino en botella.
- **SO_2 libre**: fracción activa del anhídrido sulfuroso disponible para reaccionar con oxígeno o microorganismos. Es una forma eficaz de protección antioxidante y antiséptica.
- **Envejecimiento oxidativo**: proceso en el que el vino evoluciona en presencia de oxígeno, lo que provoca cambios químicos que afectan el aroma, el color y la frescura del vino.
- **Envejecimiento reductivo**: evolución del vino en ausencia o escasez de oxígeno (como en botella cerrada), lo que puede conservar o mejorar ciertas cualidades, aunque también genera compuestos reductivos si el O_2 es insuficiente.
- **Poder antioxidante**: Capacidad del vino para resistir la oxidación, influida por la cantidad y el tipo de polifenoles y por la presencia de SO_2 libre.
- **Perfil sensorial**: conjunto de atributos percibidos en un vino (color, aroma, sabor, cuerpo, persistencia), evaluados de manera descriptiva.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

Este trabajo de investigación es de tipo aplicado y experimental, ya que se corrige la dosis de metabisulfito de potasio añadida antes del embotellado, con el propósito de evaluar su efecto sobre la evolución química y sensorial del vino durante el almacenamiento en botella. El nivel de investigación es explicativo, ya que las variaciones observadas en las características fisicoquímicas y en el perfil sensorial responden directamente a los cambios inducidos por la variable independiente (dosis de metabisulfito de potasio). Los factores evaluados fueron la adición de metabisulfito de potasio (15, 30 y 45 mg/L de SO_2 libre previo al embotellado) y el tiempo de almacenamiento. La unidad experimental consistió en una botella de vino tinto de la variedad Negra Criolla, almacenada durante 259 días (vino de Tacna) y 244 días (vino de Moquegua).

3.2. Ámbito temporal y espacial

La ejecución de este proyecto de investigación se llevó a cabo durante once meses, entre agosto de 2022 y julio de 2023. Se inició el acondicionamiento de las muestras, incluidas la corrección de la dosis de metabisulfito de potasio y los análisis de SO_2 libre, oxígeno disuelto y pH, sensorial, entre otros, que se llevaron a cabo en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Nacional de Moquegua.

3.3. Muestra

La muestra del estudio estuvo constituida por 120 L de vino tinto seco de la variedad Negra Criolla, adquiridos en septiembre de 2022, de la región Tacna (cosecha 2021), y de la región Moquegua (cosecha 2022) con coordenadas de ubicación bodega de Tacna: 18°04'25"S 70°19'41"W, bodega de Moquegua: 17°09'40"S 70°55'32"W. La selección de la muestra se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, en función de la disponibilidad del producto y del acceso a las bodegas, priorizando unidades que representaran condiciones edafoclimáticas propias de los terroirs de Tacna y Moquegua.

El volumen total de 120 L se determinó en función de la cantidad de muestra requerida para los análisis fisicoquímicos y sensoriales, así como para asegurar la correcta ejecución del diseño experimental. Este volumen permitió la distribución

del vino en los tres tratamientos de SO_2 libre establecidos: 15 mg/L (T1), 30 mg/L (T2) y 45 mg/L (T3), garantizando una cantidad suficiente por tratamiento, así como un número adecuado de botellas de 750 mL y réplicas experimentales en distintos momentos del almacenamiento en botella.

3.4. Materiales

3.4.1. Materiales de vidrio

Se utilizó los siguientes materiales: vasos precipitados (50 mL, 100 mL, 250 mL), pipeta graduada (1 mL, 2 mL, 5 mL, 10 mL), bureta (25 mL, 50 mL), matraz Erlenmeyer (100 mL, 200 mL, 500 mL), matraz aforado (25 mL, 50 mL, 100 mL), probeta (50 mL, 200 mL), carbodosificador de Janny (100 mL), alcoholímetro (% v/v), matraz caldera de 1000 mL, copas de vino (ISO 3591).

3.4.2. Equipos

- pH-metro portátil digital (marca HANNA Instruments): equipo potenciométrico utilizado para medir el potencial de hidrógeno (pH) del vino.
- Balanza analítica (marca Sartorius): equipo de medición gravimétrica de laboratorio, utilizado para la determinación exacta de las masas de reactivos y de muestras. Es esencial para la preparación de soluciones y el pesaje de muestras.
- Cámara de refrigeración (marca EOS): equipo de conservación térmica utilizado para almacenar las muestras en condiciones de temperatura controladas, garantizando la estabilidad de las condiciones experimentales.
- Medidor de oxígeno disuelto (marca HANNA Instruments): equipo electroquímico destinado a cuantificar el oxígeno disuelto en el vino.
- Medidor de vidrio para la determinación de anhídrido sulfuroso por arrastre: usado en el laboratorio, basado en el método de arrastre por corriente de aire, conformado por vidriería específica, empleado para la determinación del SO_2 en el vino (Anexo H, foto 4).

3.4.3. Instrumentos

Termómetro digital portátil de -50 °C a 300 °C (marca ISOLAB).

3.4.4. Insumos y reactivos

Metabisulfito de potasio (E 224), agua destilada, solución de hidróxido de sodio 0,1 N, solución de hidróxido de sodio 5 N, solución de hidróxido de sodio 0,30 M, cloruro de potasio 0,025 M, indicador de fenolftaleína 1%, carbón activado, tiosulfato de sodio 0,1 N, ácido fosfórico 25%, peróxido de hidrógeno 0,3%, hidróxido de sodio 0,02 N.

3.4.5. Fichas

Fichas de evaluación sensorial (Anexos A, B, C).

3.5. Procedimientos

3.5.1. Acondicionamiento y preparación de las muestras

a) Acondicionamiento

El acondicionamiento y la preparación de las muestras se realizaron en las siguientes etapas, según la Figura 3.

Recepción: Se recepcionaron 120 L de vino tinto seco de la variedad Negra Criolla, procedente de la región de Tacna, y 120 L de vino tinto seco de la región de Moquegua, recogidos en 3 tanques de polietileno de alta densidad, destinados al transporte adecuado de bodega a laboratorio, cada uno con capacidad de 40 L. Las muestras se almacenaron a 16 °C en la oscuridad. Posteriormente, se realizaron análisis químicos (acidez total, pH, grado alcohólico, azúcares reductores, SO_2 libre y total, acidez volátil) mediante caracterización.

Tabla 2

Caracterización química del vino de estudio.

Vino de Tacna	
Parámetros químicos	**Valores**
Acidez total	7,55
pH	3,55
Grado alcohólico	14,13
Azúcares reductores	3,81
SO_2 libre	8,58
SO_2 total	190,08
Acidez Volátil	0,88
Vino de Moquegua	

Parámetros químicos	Valores
Acidez total	5,58
pH	3,71
Grado alcohólico	12,70
Azúcares reductores	2,67
SO_2 libre	11,34
SO_2 total	159,02
Acidez Volátil	0,69

Nota: Acidez total (g/L de ácido tartárico); pH; Grado alcohólico (% v/v) a 20 °C; Acidez Volátil (g/L de ácido acético); SO2 libre y total (mg/L); con respecto a los valores obtenidos de azúcares reductores (3,81 g/L Tacna; 2,67 g/L Moquegua), clasifican ambos vinos como secos (< 4 g/L), ya que vinos que contengan valores menores que 4 g/L en azúcares reductores cumplen con la norma peruana (INACAL, 2016).

Previo embotellado: Se utilizó vino tinto seco de la variedad Negra Criolla procedente de las regiones de Tacna y Moquegua. Se ajustó el contenido de SO_2 libre a 15, 30 y 45 mg/L mediante la adición de metabisulfito de potasio.

Fórmula general para calcular la cantidad de metabisulfito de potasio (KMBS) a añadir a un vino para ajustar el SO_2 libre, siguiendo el criterio de reparto de SO_2 de Peynaud.

Este método fue desarrollado por el enólogo francés Émile Peynaud, especialista en enología moderna. Se basa en el comportamiento del SO_2 en el vino, considerando que no todo el SO_2 adicionado permanece en forma libre, ya que una parte se combina con compuestos del vino (Hidalgo, 2018).

- Aplicación práctica: Cálculo

Paso 1: Calcular el SO_2 libre faltante

SO_2 libre deseado (mg/L) − SO_2 libre actual (mg/L) = SO_2 libre faltante

Paso 2: E. Peynaud establece una regla de índices de combinación para los vinos normales:

Tabla 3

Índice de combinación para vinos

Nivel de SO_2 libre en el vino (mg/L)	Proporción libre (SO_2 libre)	Proporción SO_2 combinada
< 30 mg/L	1/2 (50%)	1/2 (50%)
30–60 mg/L	2/3 (66,7%)	1/3 (33,3%)
60–120 mg/L	3/4 (75%)	1/4 (25%)

Paso 3: Calcular la cantidad total de SO_2 necesaria para corrección

SO_2 total a añadir (mg/L) = SO_2 libre faltante (mg/L) / Proporción libre

Paso 4: Calcular los gramos de metabisulfito de potasio a añadir

Según el tipo de sal sulfitante: 1 g de KMBS = 0.57 g de SO_2 (Equivalencia)

$$\text{KMBS (g)} = \frac{SO2\ total\ a\ añadir\ \left(\frac{mg}{L}\right) x\ Volumen\ del\ vino\ (L)}{Equivalencia\ (mg\frac{SO2}{g})}$$

El resultado es la cantidad de KMBS por añadir, en gramos.

Tabla 4

Corrección del SO_2 libre de los vinos de Tacna y Moquegua mediante adición de metabisulfito de potasio (KMBS) según el criterio de Peynaud

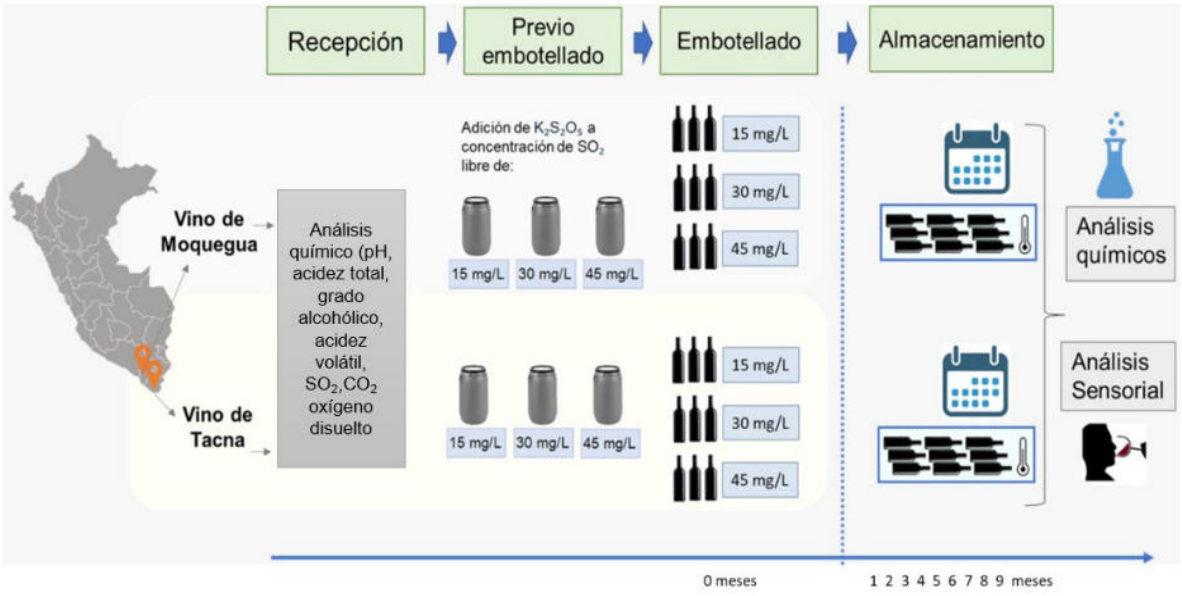
TACNA				
SO_2 libre inicial (mg/L)	**SO_2 libre objetivo (mg/L)**	**Proporción de SO_2 libre**	**Volumen del vino (L)**	**KMBS a añadir (g)**
8,58	15	0,50	40	0,90
8,58	30	0,667	40	2,25
8,58	45	0,667	40	3,83
MOQUEGUA				
SO_2 libre inicial (mg/L)	**SO_2 libre objetivo (mg/L)**	**Proporción de SO_2 libre**	**Volumen del vino (L)**	**KMBS a añadir (g)**
11,34	15	0,50	40	0,51
11,34	30	0,667	40	1,96
11,34	45	0,667	40	3,54

Embotellado: Para el llenado se usaron botellas de vidrio color verde olivo, modelo Burdeo, de 0,75 L; asimismo, se inyectó gas inerte (CO_2) en las botellas vacías durante 1 s para minimizar la presencia de oxígeno. Para el cierre se utilizó una máquina taponadora manual de botellas de vino para insertar los corchos naturales. El tapón utilizado fue el corcho natural modelo cilíndrico First de 45 × 24 mm.

Almacenamiento: El almacenamiento del vino se realizó en oscuridad, a 16 °C y en posición horizontal ya que favorece su conservación, y mantiene el corcho en contacto con el líquido y de esta manera se preserva su humedad. El tiempo de almacenamiento fue de 9 meses; durante este periodo se realizaron los análisis químicos y sensoriales de los vinos de Moquegua (1, 29, 67, 98, 152, 184, 216, 244 días) y de Tacna (1, 44, 82, 113, 167, 199, 231, 259 días).

Figura 3

Diagrama del acondicionamiento y preparación de las muestras.



3.5.2. Análisis químico general

Se realizaron análisis químicos generales del vino antes y al finalizar el estudio, tales como pH, acidez titulable, grado alcohólico, acidez volátil, SO_2 libre, CO_2 y O_2 disueltos. Durante el periodo de almacenamiento del vino, se evaluó la evolución de SO_2 libre, CO_2 y O_2 disuelto. Todos los análisis químicos se realizaron en triplicado.

3.5.2.1. pH

Se determinó con un pH-metro portátil (marca HANNA), según las recomendaciones de la AOAC (2005). Para dicho análisis, se tomaron 20 mL de vino en un vaso precipitado; luego se realizó la medición, se esperó a que el pH se estabilizara y se registró.

3.5.2.2. Acidez por titulación

La acidez total se determinó según la Norma Técnica Peruana NTP 212.047:2009 (INDECOPI, 2009). En un vaso de precipitado de 100 mL se colocaron 5 mL de muestra previamente desgasificada (mediante agitación), 25 mL de agua destilada y 3 gotas de indicador fenolftaleína. Se tituló con NaOH 0,1 N para lograr un equilibrio ácido-base; este cambio a una coloración azul violeta en el caso de los vinos tintos. La acidez total se calculó mediante la ecuación 1.

Ac. Total (g/L Ac. Tartárico) = N x 0,0049 x 200 x 1,531 (Ecuación 1)

Donde:

- N = normalidad del NaOH
- 0,0049 = masa equivalente de ácido tartárico en 1 mL de NaOH 0,1 N
- 200 = factor de conversión por volumen (según protocolo)
- 1,531 = factor de corrección

3.5.2.3. Grado alcohólico

El grado alcohólico se determinó por el método de destilación y aerometría (Bordeu & Scarpa, 1998). En un matraz aforado se midieron 200 mL de vino a 20 °C; posteriormente, se vertió el vino en un matraz de 1000 mL. Se enjuagó el matraz aforado de 200 mL con dos porciones de agua destilada de 25 mL cada una. Luego se procedió a neutralizar el vino agregando al matraz caldera 4 mL de NaOH 5 N; así mismo se agregaron bolitas de vidrio para evitar golpes de ebullición. Se conectó el matraz caldera al cuello cisne y éste al refrigerante para comenzar la destilación, de forma lenta, hasta obtener 134 mL de destilado. Se aforó con agua destilada en un matraz hasta 200 mL. Se colocaron 200 mL de destilado a 20 °C en una probeta de 250 mL para medir el grado alcohólico con el alcohómetro. El resultado final se midió en % v/v.

3.5.2.4. Anhídrido sulfuroso libre

La determinación de SO_2 libre se llevó a cabo por el método de aspiración (Bordeu & Scarpa, 1998). Se colocaron 20 mL de vino y 10 mL de ácido fosfórico al 25 % (v/v) en un matraz de fondo plano. En un matraz corazón (trampa para sulfuroso) se añadieron 10 mL de peróxido de hidrógeno al 0,3 %; luego se agregaron 5 gotas de indicador mixto (compuesto de 0,1 g de rojo de metilo, sal sódica y 0,05 g de azul de metileno, disuelto en solución hidroalcohólica 50 % v/v), posteriormente, se tituló con NaOH 0,01 N hasta obtener viraje a verde oliva estable por 30 s. Alcanzado el viraje, se inició la aspiración de aire durante 15 min. Transcurrido ese tiempo, se retiró el matraz corazón y se volvió a titular con NaOH 0,01 N hasta recuperar la coloración verde oliva inicial; se registró el gasto y se calculó mediante la Ecuación (2).

$$SO_2 \text{ L (mg/L)} = \text{gasto} \times 16 \quad \text{(Ecuación 2)}$$

El factor 16, usado para determinar el anhídrido sulfuroso libre, se obtiene a partir de la relación estequiométrica del SO2, de la normalidad del agente titulante empleado y del volumen de la muestra analizada. El SO_2 presenta una capacidad reductora equivalente a dos electrones, por lo que su masa equivalente es de 32 mg/mEq. En la titulación, cada mililitro de NaOH 0,01 N equivale a 0,01 mEq, equivalentes a 0,32 mg de SO_2. Sabiendo que la determinación se realiza con una muestra de 20 mL de vino y que la concentración final debe expresarse en mg/L, se aplica el factor de conversión correspondiente (1000 / 20 = 50). Al multiplicar estos valores: 32 x 0,01 x 50 = 16, se concluye que por cada mL de titulante gastado equivale a 16 mg de SO_2 por litro de vino, es de donde proviene el factor aplicado en la Ecuación 2.

3.5.2.5. Acidez Volátil

La acidez volátil se determinó mediante el método descrito por García et al. (2000). Primero, en el matraz de destilación se colocan 11 mL de vino desprovisto de dióxido de carbono y se conecta el mechero de alcohol para iniciar la destilación. A la salida del refrigerante se coloca la probeta de 5,1 mL y se procede a la destilación. Cuando el destilado alcanzó la marca superior de la probeta, se sustituyó por otra de 3,2 mL y se dio por concluida la destilación al completar ese volumen. El destilado recogido en la probeta de 3,2 mL se transfirió a un vaso de precipitados y se valoró con NaOH 0,02 N en presencia de 3 gotas de fenolftaleína

al 1 %, hasta obtener una coloración ligeramente rosada. Sea v el volumen de NaOH 0,02 N consumido. La acidez volátil se expresó en g/L de ácido acético mediante la Ecuación 3.

$$\text{Acidez volátil g/L} = 0{,}366 \times v \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

- El factor de conversión 0,366 permite transformar el volumen de titulante gastado (mL de NaOH 0,02 N) en la concentración de acidez volátil, expresada en g/L de ácido acético.
- v = mL de NaOH 0,02 N (gasto).

3.5.2.6. Anhídrido carbónico

Este método se basa en medir el volumen de vino desplazado por el CO_2 al desgasificar el vino en una probeta especial, denominado carbodosificador de Janny (Bordeu & Scarpa, 1998). El procedimiento consiste en llenar una probeta con 100 mL de vino, cerrarla herméticamente con una varilla hueca, agitarla enérgicamente y liberar el gas en varias repeticiones hasta que no salga más. Luego, se mide el volumen de vino remanente y la temperatura, y con estos datos se consulta la tabla (Anexo E) para calcular la concentración de CO_2 en g/L.

3.5.2.7. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto se midió con el medidor de oxígeno disuelto (marca HANNA). El medidor utiliza una sonda con electrodos cátodo/ánodo y un electrolito protegido por una membrana permeable al oxígeno. Al aplicar voltaje, el O_2 se reduce en el cátodo generando una corriente proporcional a su presión parcial, la cual se convierte en concentración expresada en mg/L (Bordeu & Scarpa, 1998).

3.5.3. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de los vinos de procedencia de Tacna y Moquegua se realizó durante un periodo de almacenamiento de 9 meses. Durante este periodo, se llevó a cabo la evaluación sensorial en cinco puntos temporales tanto para las muestras del vino de la ciudad de Tacna y Moquegua.

La tarea de evaluación sensorial se desarrolló en cabinas individuales bajo condiciones controladas, con iluminación blanca y una temperatura ambiente de 20

a 22 ºC. Se emplearon copas ISO 3591 y las muestras fueron codificadas con tres dígitos aleatorios. A cada participante se entregaron 30 mL de muestra en forma monádica, cuya temperatura estuvo entre 18 y 22 ºC. Además, se ofreció agua para limpiar el paladar. El orden de presentación fue equilibrado para reducir los efectos de primer orden y de arrastre. El orden de presentación de las muestras se balanceó con el propósito de minimizar los sesgos asociados al efecto de primer orden y al de arrastre (Macfie et al., 1989). Esta estrategia permite evitar que la primera muestra evaluada condicionara la percepción de las siguientes y, al mismo tiempo, reduce la posibilidad de que las características propias de una muestra influyan en la evaluación inmediata de la siguiente. De esta manera, cada vino ocupa distintas posiciones en la secuencia de cata entre los diferentes panelistas, lo que garantiza una evaluación sensorial más objetiva, reproducible y libre de efectos derivados del orden de presentación.

Para la evaluación sensorial se convocó a un total de 234 panelistas o consumidores durante todos los puntos temporales establecidos para el vino procedente de Tacna (días 15, 48, 139, 201 y 265) y para el vino de Moquegua (días 1, 34, 125, 187 y 251). Las sesiones se desarrollaron en las instalaciones de la Universidad Nacional de Moquegua. Los panelistas o consumidores reclutados estuvieron conformados por estudiantes universitarios, docentes, personal administrativo y consumidores externos a la institución, lo que permitió contar con un grupo representativo del perfil general de consumidores. Durante el reclutamiento solo se proporcionó información básica sobre el estudio, y antes de la prueba los participantes respondieron un breve cuestionario acerca de sus características sociodemográficas y hábitos de consumo de vino (Anexo A). La ficha de análisis sensorial empleada en el estudio se presenta en el Anexo B.

En el procedimiento sensorial, se aplicó una prueba de aceptabilidad en la que se solicitó a los participantes que degustaran las muestras y expresaran, de manera general, cuánto les gustó el vino. Para ello, se empleó una escala hedónica estructurada de 9 puntos (1 = me disgusta muchísimo, 2 = me disgusta mucho, 3 = me disgusta, 4 = me disgusta ligeramente, 5 = no me gusta, ni me disgusta, 6 = me gusta ligeramente, 7 = me gusta, 8 = me gusta mucho, 9 = me gusta muchísimo) (Stone et al., 2021).

Posteriormente, se realizó la evaluación del perfil sensorial del vino mediante la prueba CATA (Delarue & Lawlor, 2023; Valentin et al., 2012). Para

ello, en primer lugar, se identificaron y seleccionaron los atributos sensoriales que se incluirán en la ficha sensorial CATA. Los atributos sensoriales se seleccionaron mediante una prueba *de focus group* con expertos. Para este estudio se consideraron expertos a conocedores del vino o consumidores involucrados en el vino, estudiantes de enología y encargados de bodegas de vino. El objetivo de los expertos fue analizar y describir el vino tinto seco de la variedad Negra Criolla mediante las características sensoriales visuales, olfativas y gustativas (Anexo E). Posteriormente, los atributos sensoriales se contrastaron con la literatura (Biasoto et al., 2014; Koussissi et al., 2002; Mahieu et al., 2020). Una vez seleccionados los atributos sensoriales, se aplicó la prueba CATA donde se pidió a los participantes que marcaran todos los atributos sensoriales que consideraran apropiados para describir el vino tinto Negra Criolla, según las diferentes características sensoriales visuales, olfativas y gustativas.

3.6. Análisis estadístico

Para el diseño de experimento se implementaron dos diseños experimentales para los vinos de Tacna y Moquegua, ambos basados en un diseño de bloques completos balanceados. Los factores evaluados fueron la adición de metabisulfito de potasio (15, 30 y 45 mg/L de SO_2 libre previo al embotellado) y el tiempo de almacenamiento. La unidad experimental consistió en una botella de vino tinto de la variedad Negra Criolla, almacenada durante 259 días (vino de Tacna) y 244 días (vino de Moquegua), con adición inicial de metabisulfito de potasio a concentraciones de 15, 30, 45 mg/L de SO_2 libre.

Los resultados de las características químicas del vino se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de comparación por pares de Tukey, con un nivel de significancia del 5%, con el fin de identificar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Para el análisis estadístico de aceptabilidad del vino, en primer lugar, se realizó un histograma de frecuencia, seguido de una prueba de normalidad de los residuos (Shapiro-Wilk), la cual reveló que los datos no seguían una distribución normal ($p < 0,05$). Por lo tanto, los datos se analizaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952) para datos no paramétricos. Posteriormente, se realizó el análisis de comparación entre pares mediante la prueba

de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (Critchlow & Fligner, 1991). Esto se analizó con el software Jamovi, versión 2.3.28.

Respecto al análisis estadístico del perfil sensorial del vino mediante la prueba CATA. En primer lugar, realizó la prueba de Q de Cochran ($p < 0,05$), para evaluar diferencias significativas entre las frecuencias de un atributo entre muestras (Cochran, 1950), posteriormente se realizó el análisis de correspondencia (CA) (Aldas & Uriel, 2017) para tratar los datos CATA dentro de cada grupo con el fin de verificar cómo los dos tipos de vino fueron percibidos. El estadístico Q de Cochran y el análisis de correspondencia (CA) se realizaron en el software XLSTAT, versión 2025 (Addinsoft, Nueva York, EE. UU.).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Adición de metabisulfito de potasio en vino tinto variedad Negra Criolla

4.1.1. Análisis químico, SO_2 libre, O_2 disuelto, CO_2

4.1.1.1. Análisis químico

La tabla 3 muestra los valores de los distintos parámetros químicos evaluados, como pH, acidez total, acidez volátil y grado alcohólico, en los vinos almacenados en botella de vidrio durante 259 días (vino Tacna) y 244 días (vino de Moquegua).

Tabla 5

pH, acidez total, acidez volátil y grado alcohólico del vino tinto de la variedad Negra Criolla procedente de Tacna y Moquegua.

Parámetros químicos	Valores previos al embotellado	Valores después del periodo de almacenamiento		
		T1 (15 mg/L)	T2 (30 mg/L)	T3 (45 mg/L)
		Tacna (259 días)		
pH	3,55 ± 0,1 a	3,53 ± 0,0 a	3,53 ± 0,0 a	3,56 ± 0,01 a
Acidez total	7,55 ± 0,1 a	8,17 ± 0,2 b	7,80 ± 0,3 a	7,83 ± 0,25 a
Acidez Volátil	0,88 ± 0,0 a	0,93 ± 0,0 a	0,78 ± 0,1 a	0,79 ± 0,11 a
Grado alcohólico	14,13 ± 0,1 a	13,87 ± 0,1 b	14,00 ± 0,1 ab	14,10 ± 0,10 ab
		Moquegua (244 días)		
pH	3,71 ± 0,0 a	3,77 ± 0,0 a	3,77 ± 0,1 a	3,74 ± 0,0 a
Acidez total	5,58 ± 0,2 a	5,67 ± 0,2 a	5,47 ± 0,2 a	5,35 ± 0,2 a
Acidez Volátil	0,69 ± 0,0 b	0,82 ± 0,0 a	0,81 ± 0,1 ab	0,76 ± 0,0 ab
Grado alcohólico	12,70 ± 0,0 ab	12,20 ± 0,1 c	12,47 ± 0,1 b	12,83 ± 0,2 a

Nota: Los valores corresponden al promedio ± desviación estándar (triplicado). Letras minúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas (prueba de Tukey, $p < 0,05$). Acidez total (g/L de ácido tartárico); pH; grado alcohólico (% v/v) a 20 °C; acidez volátil (g/L de ácido acético).

Los valores de pH del vino tinto de la variedad Negra Criolla no mostraron variaciones significativas tras el periodo de almacenamiento, independientemente del origen y del tratamiento con anhídrido sulfuroso. En los vinos procedentes de Tacna, el pH se mantuvo prácticamente constante, con valores iniciales de 3,55 y valores finales comprendidos entre 3,53 y 3,56 tras 259 días de almacenamiento, sin diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0,05$). De manera similar, en los vinos de Moquegua, el pH presentó ligeras fluctuaciones, pasando de un valor inicial de 3,71 a valores finales entre 3,74 y 3,77 tras 244 días, sin cambios estadísticamente significativos asociados a la dosis de SO_2 aplicada. En cuanto a la

acidez total, se observaron comportamientos distintos según el origen del vino. En el vino de Tacna, la acidez total mostró un incremento significativo en el tratamiento T1 (15 mg/L de SO_2), aumentando de 7,55 a 8,17 g/L al final del periodo de almacenamiento ($p < 0,05$), mientras que en los tratamientos T2 y T3 los valores se mantuvieron relativamente estables, con concentraciones finales de 7,80 y 7,83 g/L, respectivamente. Por el contrario, en el vino de Moquegua, la acidez total presentó una ligera tendencia decreciente tras el almacenamiento, particularmente en los tratamientos T2 y T3, donde los valores disminuyeron de 5,58 g/L a 5,47 y 5,35 g/L, respectivamente; sin embargo, estas variaciones no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Por otro lado, el grado alcohólico en vinos de Tacna y vinos de Moquegua presentaron una ligera disminución hacia el final del estudio, siendo más notorio en tratamiento T1 (15 mg/L de SO_2), donde el vino de Tacna pasó de 14,13 % a 13,87 % y el vino de Moquegua de 12,70 % a 12,20 %.

El pH del vino de Tacna osciló entre 3,53 y 3,56 (259 días), un rango óptimo para vinos tintos, por favorecer el color, la estabilidad fenólica y la protección microbiológica. En Moquegua, el pH fue mayor que 3,71-3,77 (244 días), lo que representa un nivel crítico en el que disminuye el efecto protector del SO_2 y aumenta la susceptibilidad oxidativa.

En relación con el pH, los vinos de Tacna presentaron un pH entre 3,53 (antes del embotellado) y 3,53 a 3,56 (259 días después del embotellado). Estos se encuentran dentro del rango enológico considerado ideal para vinos tintos, lo que favorece la estabilidad del color, la estructura fenólica y el control microbiológico durante el almacenamiento en botella (Forino et al., 2020; Gambuti et al., 2022). Valores de pH cercanos a 3,5 permiten mayor estabilidad fenólica, antioxidante y antimicrobiana (Waterhouse, Frost, et al., 2016). Respecto a los vinos de Moquegua, estos presentaron valores de pH más elevados entre 3,71 (antes del embotellado), y 3,74 - 3,77 (244 días), se sitúan en un rango crítico de riesgo enológico. A este nivel, aumenta la susceptibilidad a procesos oxidativos, se reduce la estabilidad del color por la transformación de los antocianos en formas incoloras (como bases quinonoidales y hemicetales), y la efectividad del SO_2 disminuye drásticamente, lo que obliga a utilizar mayores concentraciones para mantener la protección del vino (Forino et al., 2020; Zoecklein et al., 1995). Esta condición

explica en gran medida el riesgo microbiológico y la tendencia a niveles más altos de acidez volátil en tratamientos con bajas dosis de SO_2.

El pH influye directamente en la eficacia del SO_2, siendo menor su efecto protector en vinos con pH elevado, como los de Moquegua (pH de 3,71 - 3,77). En cambio, los vinos de Tacna (pH de 3,53 a 3,56) mostraron una mayor estabilidad microbiológica. Esta relación también se evidenció en la acidez volátil, que fue más baja en tratamientos con pH más bajo y mayor dosis de SO_2.

La acidez total en el vino de Tacna se mantuvo estable durante el periodo de almacenamiento, excepto por tratamiento T1 (15 mg/L), vino con baja concentración de SO_2 que mostró un ligero incremento (8,17 g/L) respecto al valor inicial (7,55 g/L), lo que podría deberse a reacciones de hidrólisis o liberación de ácidos por descomposición de compuestos fenólicos (Pati et al., 2020b). En el vino de Moquegua la tendencia fue de ligera disminución, sin significancia estadística donde se tuvo valores iniciales de 5.58 g/L hasta 5.67 g/L máximo al final del estudio.

La acidez total de los vinos procedentes de Tacna se mantuvo estable a lo largo del periodo de almacenamiento, con excepción del tratamiento T1, en el que se observó un incremento de 7,55 a 8,17 g/L. Este comportamiento podría atribuirse a reacciones de hidrólisis química y oxidativa de compuestos fenólicos y ésteres ácidos, favorecidas por la presencia de oxígeno disuelto durante el envejecimiento, lo que conduce a la liberación progresiva de ácidos orgánicos de bajo peso molecular. Procesos similares han sido descritos previamente y se han asociado a la degradación de estructuras fenólicas y a la transformación de compuestos conjugados en el vino durante el almacenamiento (Pati et al., 2020b). Por el contrario, en los vinos procedentes de Moquegua se observó una ligera disminución de la acidez total en los tratamientos T2 y T3, de 5,58 a 5,47 g/L y de 5,35 g/L, respectivamente, sin diferencias estadísticamente significativas. Este patrón ha sido reportado por otros autores, quienes lo atribuyen al aumento del pH y a la reducción gradual de la acidez total como consecuencia de la degradación lenta de ácidos orgánicos durante el almacenamiento del vino (Biasoto et al., 2014; Puech et al., 2006).

La acidez total, de igual manera, mostró una relación inversa con el pH, siendo más alta en los vinos de Tacna, con valores de 7,8-8,1 g/L, lo cual favoreció su estabilidad y su perfil sensorial. Los vinos de Moquegua presentaron una menor

acidez, de 5,58 a 5,35 g/L, pero con un pH elevado. Esta disminución es consistente con lo descrito por Biasoto et al. (2014), quienes encontraron que durante el almacenamiento en botella los vinos tienden a perder acidez, lo que puede comprometer su frescura y estabilidad microbiológica.

En relación con la acidez volátil, se observaron diferencias asociadas a la dosis de SO_2 aplicada. En el vino procedente de Tacna, los valores se mantuvieron relativamente estables durante el periodo de almacenamiento, sin incrementos significativos, y pasaron de 0,88 a 0,93 g/L al final del estudio. En contraste, en el vino de Moquegua se evidenció un aumento más pronunciado en los tratamientos con menor contenido de SO_2, en particular en T1 y T2, lo que sugiere una menor protección frente a procesos de origen acetobactérico. En estos tratamientos, la acidez volátil aumentó desde valores iniciales de 0,69 g/L hasta 0,82 y 0,81 g/L al final del periodo de estudio, respectivamente (Grainger, 2021a). De manera concordante, el grado alcohólico de ambos vinos mostró una ligera disminución hacia el final del almacenamiento, siendo este efecto más evidente en el tratamiento T1 (15 mg/L de SO_2). En dicho tratamiento, el vino de Tacna disminuyó de 14,13 % a 13,87 %, mientras que el de Moquegua pasó de 12,70 % a 12,20 %. Esta reducción podría estar relacionada con una menor estabilidad química y microbiológica del vino a bajas concentraciones de SO_2, lo que favorece reacciones oxidativas y la pérdida de etanol durante el almacenamiento.

Según la NTP 212.014:2011, el límite máximo permitido de acidez volátil en vinos tintos secos es de 1,2 g/L, expresada como ácido acético (INACAL, 2016). En el caso del vino con el tratamiento T1 (15 mg/L de SO_2), se registraron los valores más altos de acidez volátil tanto en Tacna como en Moquegua. En conclusión, una dosis baja de sulfuroso resulta menos eficaz para evitar la formación de ácido acético, especialmente en vinos con pH alto. Los tratamientos T2 y T3, con dosis mayores de SO_2 (30 mg/L y 45 mg/L), presentaron niveles más bajos y estables de acidez volátil, lo que confirma su eficacia como conservantes antimicrobianos y antioxidantes. Estos resultados reafirman las observaciones de Dimkou et al. (2011), quienes sostienen que un contenido adecuado de SO_2 libre y condiciones de conservación controladas inhiben el desarrollo de microorganismos indeseables.

Durante el almacenamiento del vino en botella, los vinos de Tacna y Moquegua mostraron diferencias según la dosis de SO_2 aplicada. Se observó una

relación inversa entre el SO_2 libre y la acidez volátil. El vino tratado con 15 mg/L (T1) presentó los valores más altos de acidez volátil, lo que indica una menor protección. Esto favoreció la acetificación del vino, especialmente en el de Tacna, donde la acidez volátil alcanzó 0,93 g/L, cerca del umbral sensorial de percepción de aromas avinagrados. En el caso del vino de Moquegua, alcanzó un nivel de acidez volátil de 0,82 al término del estudio, teniendo valores menores de acidez volátil en T2 y T3 en vinos de Tacna y Moquegua debido a las dosis aplicadas de SO_2.

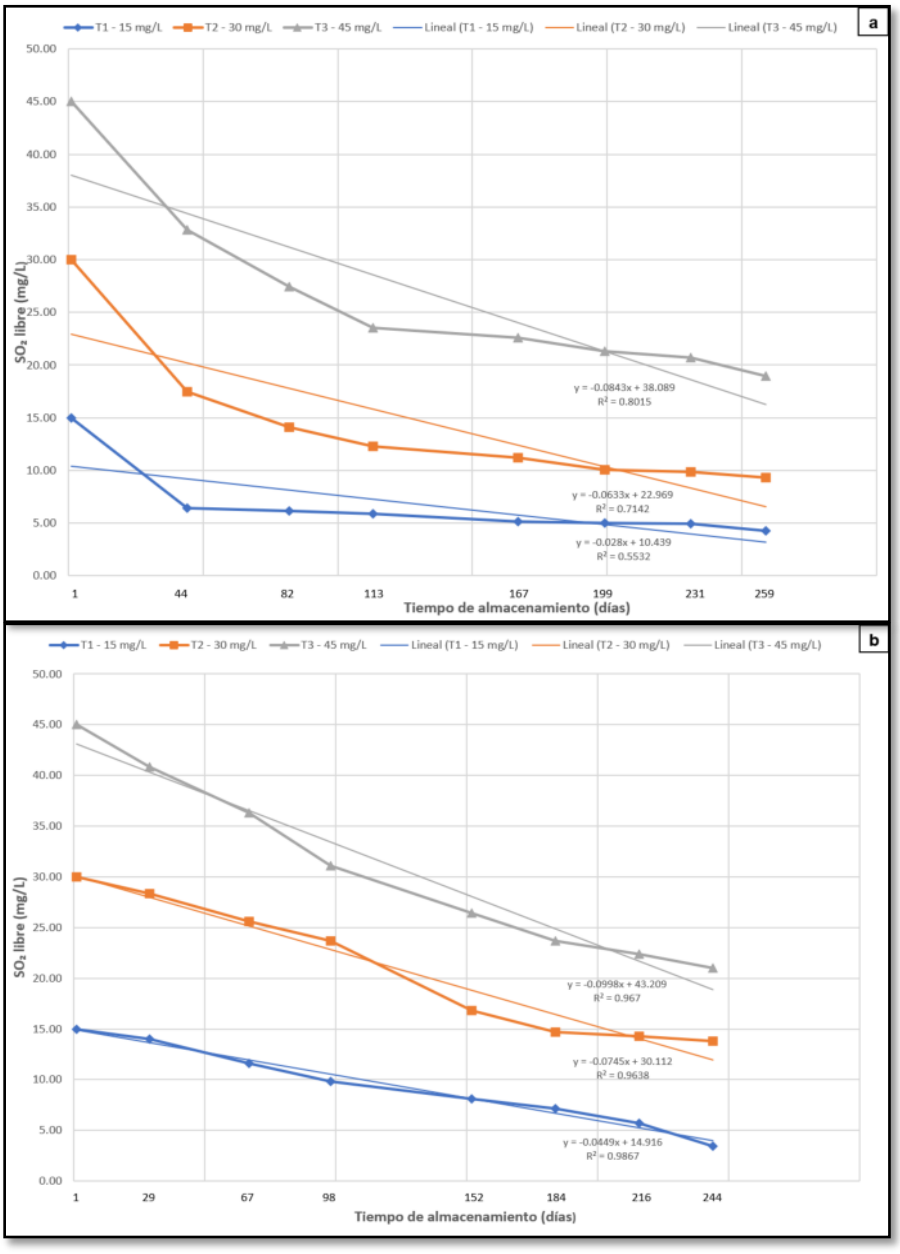
El grado alcohólico disminuyó ligeramente hacia el final del estudio, lo que resultó más evidente en el T1 a 15 mg/L de SO_2. En el vino de Tacna, el grado alcohólico descendió de 14,13 % a 13,87 %, y en el de Moquegua, de 12,70 % a 12,20 %. Aunque se observó una leve reducción en la graduación alcohólica en ambos vinos, esta se mantuvo estable durante el periodo de estudio. Esta ligera disminución es esperable, ya que el alcohol no varía significativamente si se evitan la evaporación y las alteraciones microbiológicas durante el almacenamiento en botella (Giuffrida de Esteban et al., 2019). A pesar de las disminuciones observadas, todos los vinos se mantuvieron dentro del rango exigido por la NTP 212.014:2011 (≥10 % v/v). Las diferencias observadas en el grado alcohólico entre los vinos de Tacna y Moquegua podrían estar asociadas, en primera instancia, a las condiciones edafoclimáticas propias de cada terruño. En este sentido, el valle de Moquegua, ubicado a mayor altitud (1412 m.s.n.m.), se caracteriza por un clima árido y pendientes moderadas, factores que influyen en la maduración de la uva y en su composición inicial, en particular en el contenido de azúcares fermentables. Estas condiciones pueden modular la respuesta del vino ante el consumo de anhídrido sulfuroso durante el almacenamiento, ya que los vinos con diferentes grados alcohólicos presentan distinta susceptibilidad a procesos oxidativos y microbiológicos. En consecuencia, el efecto del SO_2 sobre la estabilidad del grado alcohólico no solo estaría determinado por la dosis aplicada, sino también por el origen edafoclimático del vino (Rice, 1996), mientras que Tacna está a 600 metros sobre el nivel del mar, es de clima árido y presenta una superficie plana (Ministerio de Agricultura. Dirección General de Aguas e Irrigación., 1972). Aunque se observó una leve reducción en la graduación alcohólica en ambos vinos, esta se mantuvo estable durante el periodo de estudio. Esta ligera disminución es esperable, ya que el alcohol no varía significativamente si se evitan la evaporación y las

alteraciones microbiológicas durante el almacenamiento en botella (Giuffrida de Esteban et al., 2019).

4.1.1.2. SO_2 libre

Figura 4

Evolución de la concentración de SO_2 libre en vino tinto de la variedad Negra Criolla de Tacna y Moquegua durante el periodo de almacenamiento en botella.



Nota: La letra a corresponde a los vinos procedentes de Tacna y la letra b, a los vinos procedentes de Moquegua. Las líneas en la figura corresponden a las tres dosis de metabisulfito de potasio añadido: 15 mg/L (♦), 30 mg/L (■) y 45 mg/L (▲) durante el almacenamiento.

La Figura 4 muestra la evolución del SO_2 libre en vinos Negra Criolla procedentes de Tacna (Figura 4a) y Moquegua (Figura 4b) durante el almacenamiento en botella, con dosis iniciales de 15 mg/L (T1), 30 mg/L (T2) y 45 mg/L (T3). Tanto en el vino de Moquegua como en el de Tacna, el tratamiento T3 (45 mg/L) mantiene los valores más altos de SO_2 libre durante todo el tiempo de almacenamiento, seguido por T2 (30 mg/L) y, finalmente, T1 (15 mg/L), lo que evidencia el efecto directo de la dosis sobre la disponibilidad de este compuesto. La disminución es más pronunciada en las primeras evaluaciones, más notoria en los vinos de Tacna, y luego se torna más lenta hacia el final del almacenamiento del vino en botella. Con respecto a los vinos de Moquegua, presentan una disminución más gradual y conservan mayores niveles de SO_2 libre al finalizar el estudio, en comparación con los vinos de Tacna, que presentan valores bajos, lo que indica un comportamiento diferencial del SO_2 durante el almacenamiento en botella entre ambos vinos.

Respecto al estudio, el comportamiento del SO_2 libre mostró una disminución progresiva en todos los tratamientos, aunque con una velocidad variable según la dosis inicial aplicada, lo que concuerda plenamente con los fundamentos teóricos descritos por autores como Dimkou et al. (2011), Sacks et al. (2020) y Puech et al. (2006).

La Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV, 2020) recomienda valores para asegurar una protección antioxidante eficaz y una evolución sensorial estable de 20 a 40 mg/L de SO_2 libre. Bajo esta recomendación, se aprecia que el tratamiento de 45 mg/L (T3) en vinos de Moquegua se encuentran dentro de dicho rango durante el periodo evaluado con 21,03 mg/L al día 244 y el vino de Tacna se encuentra cercano al límite mínimo con 18,93 mg/L al día 259, mientras que los tratamientos T1 y T2 se encuentran muy por debajo del límite inferior recomendado, quedando expuesto al riesgo oxidativo considerando los valores al término del estudio.

De tal manera, se observó que todos los tratamientos, en el caso de los vinos de Tacna, se encuentran dentro del rango permitido por la normativa al inicio del estudio. No obstante, el tratamiento T1 en el vino de Tacna presenta niveles bajos de SO_2 libre de 4,27 mg/L al día 259; de igual manera, el vino de Moquegua presenta también niveles bajos de SO_2 libre con valores de 3,47 mg/L al día 244.

Estos valores están por debajo de lo recomendado por diversos autores que mencionan que el trabajo con valores mínimos de 10 mg/L de SO_2 libre podría prevenir la oxidación de vinos (Godden et al., 2001; Reeves, 2009; Vidal et al., 2015). Referente a este valor en vino de Tacna, el T3 cumple, llegando a tener valores de 18,93 mg/L de SO2 libre al día 259; en el caso del vino de Moquegua, el T2 y T3 tienen valores superiores a lo recomendado al final del estudio, llegando a tener, respectivamente, 13,77 mg/L y 21,03 mg/L al día 244.

La pérdida de SO_2 libre observada durante el almacenamiento del vino en botella coincide con lo reportado por Puech et al. (2006), quienes señalaron que vinos embotellados con bajos niveles de SO_2 inicial sufren pérdidas abruptas en los tres a seis primeros meses, situación similar a la observada en el tratamiento T1 (15 mg/L) para los vinos de Tacna y Moquegua. Según Dimkou et al. (2011), la fracción de oxígeno retenido durante el embotellado condiciona la velocidad de consumo de SO_2. En este estudio, la sensibilidad de los tratamientos T1 (15 mg/L) en vinos de Moquegua y Tacna frente al oxígeno disuelto resulta plenamente congruente con dicha afirmación.

Giuffrida de Esteban et al. (2019) demostraron que las temperaturas elevadas y los cierres de mayor permeabilidad intensifican el consumo de SO_2. Si bien las condiciones del presente trabajo fueron controladas, el comportamiento acelerado de la degradación en T1 y T2 sugiere que el equilibrio entre SO_2 libre disponible y oxígeno residual fue determinante. A nivel cualitativo, Lukić et al. (2020) reportaron que niveles bajos de SO_2 están asociados con deterioro fenólico y cambios cromáticos perceptibles; en el presente estudio, los vinos de T1 mostraron una degradación proporcional del SO_2, lo que podría relacionarse con una mayor susceptibilidad a la oxidación fenólica.

En contraste con lo reportado por Puech et al. (2006), los resultados del estudio muestran un comportamiento similar en cuanto a la pérdida de SO_2, aunque los estudios de Puech abarcaron periodos de hasta 36 meses y condiciones de almacenamiento más extremas. En conclusión, se puede indicar que, en ambos casos, se confirma que niveles iniciales bajos de SO_2 y condiciones inadecuadas, como la presencia de luz y la mayor temperatura, aceleran su degradación y comprometen la estabilidad sensorial, en contraste con lo trabajado en el estudio, con condiciones adecuadas de temperatura de 16 °C, sin presencia de luz y con botellas en posición horizontal.

El comportamiento fue previamente reportado en otros estudios (Danilewicz, 2016; Danilewicz & Standing, 2018; du Toit et al., 2006; Godden et al., 2001; Miao & Waterhouse, 2025), los cuales indican que, por cada 1 mg/L de O_2 consumido, se pierden entre 2 y 4 mg/L de SO_2 libre. Por lo tanto, podría indicarse que la disminución observada no responde únicamente a la degradación del compuesto, sino también a la reactividad del anhidrido sulfuroso frente al oxígeno remanente en disolución. Este fenómeno explicaría por qué los tratamientos con menor concentración inicial (T1) no logran mantener niveles protectores más allá de los primeros meses, mientras que aquellos con concentraciones intermedias (T2, T3) presentan mayor estabilidad durante el almacenamiento.

Además, se observó que el contenido de SO_2 libre tiende a disminuir con el tiempo, siendo más pronunciado en los primeros días, hasta el día 113 para vinos de Tacna y el 152 para vinos de Moquegua. Lo cual coincide con lo reportado por otros autores que mencionan que la mayor pérdida de SO_2 libre ocurre durante los primeros 6 meses post-embotellado, debido al oxígeno disuelto y el aire de espacio de cabeza (Giuffrida de Esteban et al., 2019; Sacks et al., 2020). En concordancia, Danilewicz & Standing, (2018) enfatiza que el SO_2 no actúa directamente sobre el oxígeno molecular, sino sobre quinonas y peróxido de hidrógeno, lo cual acelera su consumo frente a la presencia de oxígeno residual.

El análisis conjunto permite afirmar que la estabilidad del SO_2 libre depende de una relación dinámica entre concentración inicial, oxígeno disuelto, CO_2 y factores químicos. Los datos confirman que valores de iniciales de T1 (15 mg/L) son insuficientes para preservar la estabilidad oxidativa del vino, posicionándolo por debajo los valores de protección y de esta manera aumentando el riesgo al deterioro oxidativo y sensorial. En cuanto al T3 de 45 mg/L, ofrece una mejor protección, ya que cumple con los límites legales y, al término del estudio, alcanza valores adecuados para el almacenamiento de vino en botella. De igual manera, se podría optar también por el T2 (30 mg/L) referente al vino de Moquegua, ya que presenta valores por encima de 10 mg/L de SO_2 libre para prevenir la oxidación de vinos según lo establecido por (Godden et al., 2001; Reeves, 2009; Vidal et al., 2015). El tratamiento T3 (45 mg/L) de vino de Tacna y de Moquegua cumple adecuadamente con la conservación del vino, entre protección antioxidante, cumplimiento normativo y estabilidad enológica. Este tratamiento no solo se ajusta

a la reglamentación peruana, sino que también coincide con los valores sugeridos por la OIV y respaldados por Puech et al., 2006; Dimkou et al., 2011; Giuffrida de Esteban., 2019; Lukić et al., 2020; Godden et al., 2001; Reeves, 2009; Vidal et al., 2015, posicionándose como el más eficaz para el almacenamiento controlado del vino Negro Criolla en botella.

Por tanto, el tratamiento T2 en vino de Moquegua presenta valores por encima de 10 mg/L SO_2 libre para prevenir la oxidación según autores, de igual manera el T3, tanto en vino de Tacna como vino de Moquegua cumplen con la normativa de la OIV, y parecen ser el tratamiento más adecuado, debido a que cumple con la normativa y proporciona un nivel de protección adecuado, según la evidencia científica reciente.

4.1.1.3. O_2 disuelto

Tabla 6

Evolución del contenido de oxígeno disuelto (mg/L) en vino tinto de la variedad Negra Criolla procedente de Tacna y Moquegua.

Días	T1 (15 mg/L)			T2 (30 mg/L)			T3 (45 mg/L)		
				Tacna					
1	2,76 ± 0,02	a	A	2,36 ± 0,10	a	A	2,78 ± 0,12	a	A
44	1,24 ± 0,09	b	A	1,54 ± 0,32	b	A	1,60 ± 0,27	bc	A
82	1,52 ± 0,10	b	A	1,23 ± 0,12	bc	A	1,38 ± 0,25	c	A
113	1,58 ± 0,16	b	A	1,31 ± 0,10	bc	AB	0,93 ± 0,17	c	B
167	2,86 ± 0,30	a	A	2,81 ± 0,37	a	A	2,25 ± 0,15	ab	B
199	3,03 ± 0,16	a	A	2,88 ± 0,36	a	AB	2,43 ± 0,50	a	B
231	3,06 ± 0,29	a	A	2,91 ± 0,24	a	AB	2,50 ± 0,33	a	B
259	3,31 ± 0,43	a	A	2,82 ± 0,13	a	AB	2,53 ± 0,37	a	B
				Moquegua					
1	1,88 ± 0,07	c	A	1,76 ± 0,08	c	A	1,77 ± 0,09	cd	A
29	1,67 ± 0,10	c	A	1,33 ± 0,09	d	B	1,46 ± 0,06	de	AB
67	1,23 ± 0,13	d	A	1,05 ± 0,16	d	A	1,21 ± 0,12	ef	A
98	1,52 ± 0,21	cd	A	1,08 ± 0,13	d	B	0,91 ± 0,11	f	B
152	2,48 ± 0,13	b	A	2,35 ± 0,21	b	AB	2,08 ± 0,19	bc	B
184	2,54 ± 0,23	b	A	2,43 ± 0,17	b	A	2,31 ± 0,14	ab	A
216	2,96 ± 0,20	a	A	2,71 ± 0,14	ab	AB	2,46 ± 0,08	a	B
244	3,01 ± 0,18	a	A	2,90 ± 0,18	a	A	2,44 ± 0,10	ab	B

Nota: Promedio ± desviación estándar (triplicado). Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre las distintas fechas de muestreo. Las letras mayúsculas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (test de Tukey, $p < 0,05$).

La tabla 6, muestra que el oxígeno disuelto en los vinos tintos Negra Criolla de las regiones de Tacna y Moquegua presentan una tendencia general de disminución durante las primeras etapas de almacenamiento, seguido de un incremento progresivo hacia los últimos días, de esta manera se alcanza los valores más altos al final del estudio durante el almacenamiento en botella.

En el vino procedente de Tacna, el contenido de oxígeno disuelto presentó una disminución marcada durante la fase inicial de almacenamiento, comprendida entre el día 1 y el día 44, en los tres tratamientos evaluados. En este periodo, el O_2 disuelto se redujo en un 55,1 % en el tratamiento T1 (de 2,76 a 1,24 mg/L), en un 34,7 % en T2 (de 2,36 a 1,54 mg/L) y en un 42,4 % en T3 (de 2,78 a 1,60 mg/L). Posteriormente, entre los días 44 y 113, los valores se mantuvieron relativamente estables, con ligeras fluctuaciones según el tratamiento. A partir del día 113, se evidenció un incremento progresivo del oxígeno disuelto hasta el final del periodo de estudio (día 259), siendo este aumento más pronunciado en el tratamiento T1, que alcanzó un valor promedio final de 3,31 mg/L. En contraste, los tratamientos T2 y T3 mostraron incrementos más moderados, con valores finales de 2,82 y 2,53 mg/L, respectivamente.

En el vino procedente de Moquegua, el contenido de oxígeno disuelto mostró una disminución significativa durante la fase inicial de almacenamiento, comprendida entre el día 1 y el día 98, en los tres tratamientos evaluados. En este periodo, el O_2 disuelto se redujo en un 19,1 % en el tratamiento T1 (de 1,88 a 1,52 mg/L), en un 38,6 % en T2 (de 1,76 a 1,08 mg/L) y en un 48,6 % en T3 (de 1,77 a 0,91 mg/L). A partir del día 98, se observó un incremento progresivo del oxígeno disuelto hasta el final del periodo de estudio (día 244). Este incremento fue significativamente mayor en los tratamientos T1 y T2, que alcanzaron valores promedio finales de 3,01 y 2,90 mg/L, respectivamente, en comparación con el tratamiento T3, que alcanzó un valor promedio de 2,44 mg/L.

En general, los tratamientos con mayor dosis de SO_2 (T3) tienden a mostrar menores concentraciones de oxígeno disuelto en Tacna 2,53 mg/L al día 259 y en Moquegua 2,44 mg/L al día 244 en etapas intermedias respecto a T1 y T2 con valores en vino de Tacna de 3,31 mg/L, 2,82 mg/L y en vino de Moquegua de 3,01 mg/, 2,90 mg/L, lo que evidencia el efecto del SO_2 sobre el consumo y control del oxígeno durante el período de almacenamiento en botella.

La disminución de oxígeno puede atribuirse a reacciones químicas, especialmente en vinos con bajo contenido de SO_2 libre, ya que el oxígeno puede reaccionar con numerosos compuestos del vino, tales como polifenoles, ácidos y etanol (formando acetaldehído). La presencia reducida de SO_2 libre favorece una mayor velocidad de estas reacciones. En consecuencia, el oxígeno disuelto se consume más rápidamente en vinos con baja protección antioxidante (Ferreira et al., 2015; Waterhouse, Frost, et al., 2016).

En general, en ambos vinos se observó que, en promedio, la concentración inicial de O2 disuelto fue alta en todos los tratamientos. Este valor sería elevado durante la etapa de embotellado de los vinos (Grainger, 2021b). Posteriormente, se aprecia una disminución del O_2 disuelto en los primeros días tras el embotellado en los vinos de Tacna y de Moquegua, más acentuada en los tratamientos con menor dosis de SO_2 (T1). Este consumo de oxígeno puede atribuirse a reacciones químicas, especialmente en vinos con bajo contenido de SO_2 libre, ya que el oxígeno puede reaccionar con numerosos compuestos del vino, tales como polifenoles, ácidos, etanol (formando acetaldehído) y SO_2. La presencia reducida de SO_2 libre favorece una mayor velocidad de estas reacciones. En consecuencia, el oxígeno disuelto se consume más rápidamente en vinos con baja capacidad antioxidante (Ferreira et al., 2015; Waterhouse, Frost, et al., 2016).

Asimismo, en ambos vinos se identificó una fase de incremento del oxígeno disuelto durante el almacenamiento, lo cual concuerda con lo reportado en estudios previos. En dichos estudios, vinos almacenados durante 12 meses con tapones de rosca y coextruidos mostraron un aumento del O_2 disuelto, alcanzando concentraciones aproximadas de 1,43 y 3,6 mg/L, respectivamente (Dimkou et al., 2013).

Por otro lado, diversas evidencias indican que existen rangos adecuados de concentración de oxígeno disuelto que permiten evitar tanto fenómenos de reducción como de oxidación del vino durante el almacenamiento en botella. En este contexto, se ha reportado que, en vinos envasados con tapones de corcho, valores de oxígeno total envasado del orden de 1 a 2 mg/L serían compatibles con una adecuada conservación, mientras que concentraciones superiores a 3 mg/L podrían incrementar el riesgo de oxidación (Ferrer-Gallego et al., 2018).

De manera similar, en otro estudio menciona que concentraciones entre 1,5 y menores a 3,0 mg/L en vino Garnacha tendría mejor expresión de atributos

frutales, mientras que valores inferiores a 1,5 mg/L tendrían olores desagradables en vinos Sauvignon blanc almacenados durante seis meses (Ugliano, 2013; Ugliano et al., 2012).

Según estos criterios, los vinos de Moquegua T1, T2 y T3 finalizaron con valores cercanos al rango recomendado (< 3 mg/L) para la conservación y la expresión sensorial. Por otro lado, los vinos de Tacna T2 y T3 finalizaron con datos menores a lo establecidos generando una mejor conservación y expresión sensorial, no siendo así en vino T1 que contiene mayor cantidad de oxígeno generando un riesgo oxidativo.

Según lo observado, los vinos de Tacna presentaron niveles altos de O_2 disuelto al final del periodo de almacenamiento (día 259), alcanzando valores de hasta 3,31 mg/L (T1). Este alto contenido de O_2 disuelto (T1) se correlacionaría con un descenso marcado del SO_2 libre en el T1 (4,27 mg/L), por debajo de lo recomendado (< 10 mg/L de SO_2 libre), lo que dejaría al vino expuesto a alteraciones oxidativas y microbiológicas, con el consecuente deterioro de la estabilidad sensorial y la reducción de su vida útil. De igual manera, los resultados revelan que la disponibilidad final de oxígeno en botella estuvo fuertemente determinada por la dosis inicial de metabisulfito de potasio. En los vinos de Tacna, el tratamiento T1 con menor SO_2 libre de 4,27 mg/L presentó el mayor contenido de O_2 (3,31 mg/L) al final del estudio, superando el límite considerado seguro para evitar la oxidación. Esta relación sugiere un equilibrio desfavorable entre la protección antioxidante y la carga oxidativa, lo que incrementaría el riesgo de deterioro sensorial, pérdida de color y eventual inestabilidad microbiológica.

En el caso de los vinos de Moquegua, se registraron valores inferiores a 3 mg/L dentro del rango recomendado. Sin embargo, el tratamiento T3 presentó valores más bajos al tratamiento T1 y T2; lo que sugiere una protección antioxidante aún más afectiva.

4.1.1.4. CO_2

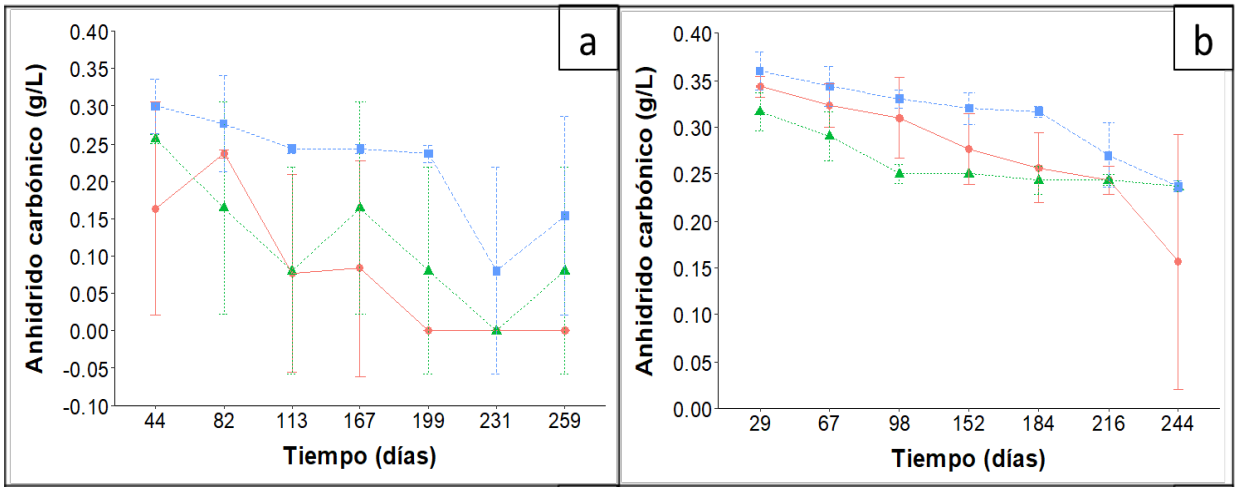
Respecto al CO_2, se observaron sólo diferencias estadísticamente significativas para el vino procedente de Moquegua y para el vino procedente de Tacna (Anexo G).

La figura 5a muestra que el comportamiento del CO_2 para el vino procedente de Tacna, en general, se observa una disminución progresiva en todos los

tratamientos. Al parecer el Tratamiento T3 mantiene el mayor contenido de CO_2 a lo largo del tiempo, en comparación con el tratamiento T1 que llega a un máximo promedio de 0,24 g/L en el día 82, pero a partir de esa fecha cae rápidamente y se mantuvo en cero desde el día 199 en adelante, un comportamiento similar se observó en el tratamiento T2 que llegó a concentraciones en promedio de 0,08 g/L en el día 199 y disminuyó a cero en el día 231; sin embargo, no existen diferencias estadísticas significativas. En el vino de Moquegua (figura 5b) se observó un descenso progresivo, aunque lento, en todos los tratamientos durante el almacenamiento. No obstante, durante este periodo no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos T2 y T3, que mantuvieron concentraciones de CO_2 relativamente estables, que pasaron de 0,32 a 0,24 g/L (T2) y de 0,36 a 0,27 g/L (T3). En contraste, el tratamiento T1 mostró una disminución estadísticamente significativa, con una caída de 0,34 a 0,08 g/L entre el inicio y el final del estudio.

Figura 5

Evolución de la concentración de CO_2 en vino tinto de la variedad Negra Criolla de Tacna y Moquegua durante el almacenamiento en botella.



Nota: La letra a corresponde a los vinos procedentes de Tacna, y la letra b corresponde a los vinos procedentes de Moquegua. Las líneas en la figura corresponden a las tres dosis de metabisulfito de potasio añadido: 15 mg/L (●), 30 mg/L (▲) y 45 mg/L (■) durante el almacenamiento.

Los resultados evidenciaron una disminución progresiva del contenido de CO_2 disuelto en los vinos de Tacna a lo largo del periodo de almacenamiento, con concentraciones promedio iniciales relativamente bajas entre 0,16 y 0,30 g/L en dichos vinos. La pérdida de CO_2 fue más acelerada, alcanzando valores cercanos a 0 g/L hacia los días 199 y 231. En el vino de Moquegua concentraciones promedios

iniciales más elevadas entre 0,32 - 0,36 g/L, en dichos vinos la disminución fue más gradual, persistiendo niveles residuales hasta el final del periodo de evaluación por encima de 0.08 g/L al día 244.

Los valores iniciales de CO_2 registrados en los vinos de Tacna (0,16 - 0,30 g/L al día 44) y Moquegua (0,32 - 0,36 g/L al día 29) se encuentran dentro de lo señalado por Ribéreau-Gayon et al. (2021), quienes mencionan que el CO_2 suele ubicarse entre 0,3 y 0,6 g/L, rango en el que los vinos de Moquegua se posicionaron claramente, mientras que los de Tacna mostraron valores ligeramente inferiores. Asimismo, la tendencia decreciente observada en ambos orígenes coincide con lo descrito por Valade et al. (2009), quienes sostienen que el CO_2 disuelto en vinos tranquilos disminuye de manera progresiva durante el almacenamiento debido a la permeabilidad del cierre, fenómeno evidenciado en los vinos de Tacna, que alcanzaron valores cercanos a 0,00 g/L hacia los días 199 y 231, con respecto a los vinos de Moquegua, que conservaron niveles residuales entre (0,08 - 0,27 g/L) en las últimas fechas evaluadas al día 244. Otros autores, mencionaron que el CO_2 disuelto tiene un umbral de detección de 0,26 g/L en agua, y es descrito como "hormigueo, picazón, quemazón, burbujas y spritzy" (Clark et al., 2011; Gawel et al., 2020). Asimismo, se ha observado que una mayor concentración de CO_2 disuelto, de 0,78 g/L, en vino tinto de Syrah y Cabernet Sauvignon se percibió con mayor spritz, amargor e intensidad de sabor a fruta, y con una concentración baja, de 0,11 g/L, se percibió ligeramente más astringente y dulce (Gawel et al., 2020).

El CO_2 durante el almacenamiento mostró distintos comportamientos. En Tacna, la pérdida de CO_2 fue acelerada y constante hasta alcanzar valores cercanos a 0 g/L entre los días 199 y 231, lo que evidencia una menor capacidad del sistema para mantener un equilibrio entre el gas y el líquido. Este comportamiento puede explicarse tanto por un menor contenido inicial de gas como por una potencialmente mayor permeabilidad del cierre o por diferencias estructurales del vino que favorecieron su desgasificación. La presencia de algunos fenómenos en el caso del T2, con un descenso a 0,00 g/L y un posterior incremento a 0,08 g/L, refuerza la hipótesis de fenómenos de redisolución o de liberación gradual de CO_2 atrapado, tal como lo describen Devatine et al. (2011), lo que demuestra que pequeñas variaciones internas de presión, temperatura o de la evolución química pueden modificar temporalmente el equilibrio del vino durante su almacenamiento.

En Moquegua, por el contrario, la disminución fue más lenta y permitió conservar CO_2 residual hasta el final del estudio, entre 0,08 g/L y 0,27 g/L, lo que podría estar vinculado a un cierre con menor permeabilidad y a una cinética de liberación gaseosa más lenta. La similitud entre T2 y T3 indica que, a concentraciones moderadas o altas de SO_2, el CO_2 se mantiene más estable, mientras que T1 muestra una caída más pronunciada.

Los valores iniciales en vinos de Moquegua y, parcialmente, de Tacna se ubicaron próximos al umbral perceptivo de 0,26 g/L señalado por Clark et al. (2011) y Gawel et al. (2020). Por lo tanto, es probable que en las primeras etapas los vinos expresaran vivacidad, frescura y un ligero toque de spritz. Conforme el CO_2 disminuyó por debajo del umbral, este se vio más marcado en vinos de Tacna y moderado en vinos de Moquegua. Estas sensaciones habrían disminuido, generando percepciones más suaves, menos punzantes y más propias de un vino en crianza. Los niveles bajos de CO_2 tienden a aumentar la percepción de astringencia y dulzor (Gawel et al., 2020), fenómeno que podría haberse intensificado durante las etapas finales en ambos orígenes, especialmente en vinos de Tacna, donde el gas residual era mínimo y en T1 desapareció.

Ribéreau-Gayon et al. (2021), señalan que el CO_2 tiende a disminuir naturalmente durante la crianza en botella y que su retención está vinculada con la matriz del vino, el cierre y la presión interna del sistema. La progresiva pérdida de CO_2 también explica una probable transición sensorial desde vinos jóvenes, con mayor frescura, hacia perfiles más estables, maduros y tranquilos conforme avanza la crianza, lo que coincide con el comportamiento esperado durante la evolución en botella.

4.1.2. Análisis sensorial

El perfil sociodemográfico de los participantes se presenta en la tabla 7.

Tabla 7

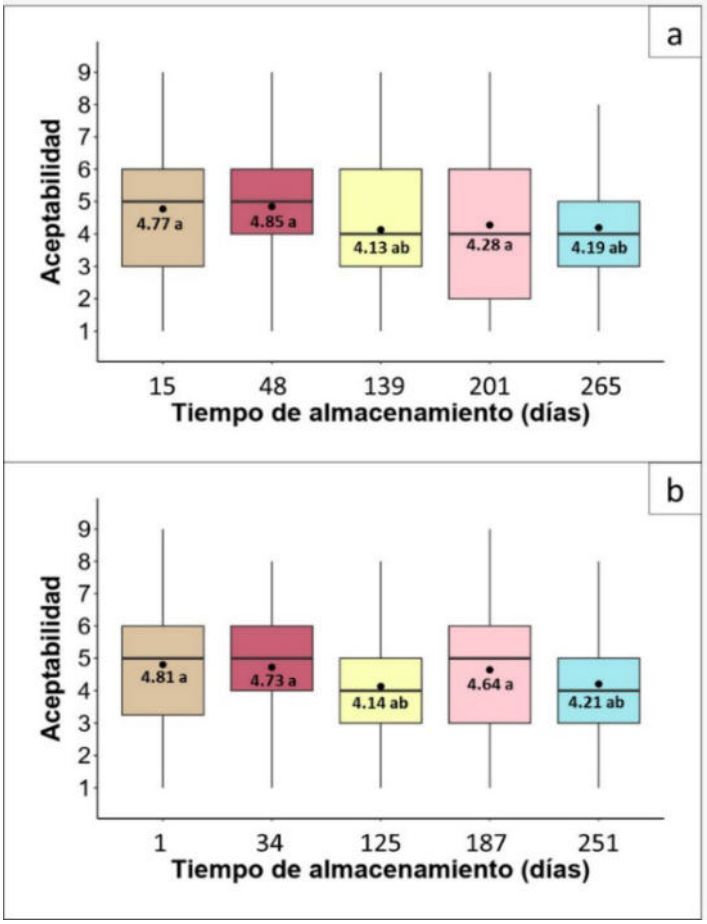
Perfil sociodemográfico y hábito de consumo de vino de los participantes.

Características sociodemográficas		n = 234	(%)
Género	Femenino	105	44,87
	Masculino	129	55,13
Edad (años)	18–24	156	66,67
	25–31	49	20,94
	32–38	20	8,55
	39–45	6	2,56
	46–52	3	1,28
	> 53	0	0,0
Nivel educacional	Estudios universitarios no concluidos	175	74,79
	Estudios técnicos o universitarios concluidos	59	25,21
Frecuencia de consumo	Diariamente	6	2,56
	1 a 2 veces por semana	50	21,37
	1 a 2 veces por mes	149	63,68
	1 a 2 veces por año	29	12,39
¿Qué tipo de vino consume?	Vino tinto	232	56,72
	Vino blanco	95	23,23
	Vino rosado	64	15,65
	Vino espumoso	18	4,40
Según el contenido de azúcar, ¿Qué tipo de vino consume?	Seco	101	25,31
	Semi-seco	183	45,86
	Dulce	115	28,82

Un total de 234 peruanos participó en las cinco sesiones de evaluación sensorial de vinos. Del total de participantes, el 55,13% correspondió a los hombres y el 44,87% a las mujeres. La edad de los participantes oscilaba entre los 18 y los 52 años; sin embargo, la mayoría se encontraba en el rango de 18 a 25 años (66,67%), es decir, predominaba la categoría de jóvenes con edades menores de 30 años. Respecto al nivel educacional, dado que el estudio se realizó en el laboratorio de evaluación sensorial de la Universidad Nacional de Moquegua (UNAM), el 74,70% de los participantes indicaron tener estudios universitarios no concluidos. En relación con la frecuencia de consumo de vino, se observó que la mayoría de los consumidores lo consume de manera ocasional, 1 a 2 veces por mes (63,68%). De los diferentes tipos de vino, los participantes mencionaron consumir principalmente vino tinto (56,72%) y vino semiseco (45,86%).

Figura 6

Efecto del tiempo de almacenamiento en el vino tinto de la variedad Negra Criolla de Tacna y Moquegua.



Nota: Vino procedente de Tacna (a), y vino procedente de Moquegua (b). Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de almacenamiento (test de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner, $p < 0,05$).

Respecto a la aceptabilidad del vino, la prueba de Kruskal-Wallis indica que existen diferencias estadísticas significativas sólo para el efecto de tiempo de almacenamiento del vino en botella. Respecto al vino procedente de Tacna (Figura 6a) y de Moquegua (Figura 6b), la prueba de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner de comparación entre pares indica que, con el tiempo de almacenamiento del vino, disminuye ligeramente la aceptabilidad del vino. Además, se visualiza en las dos primeras fechas de evaluación que la aceptabilidad tanto para el vino de Tacna como para el de Moquegua estuvo ligeramente más alta que el punto neutro (4,5 de la escala hedónica de 9 puntos). Sin embargo, a partir de la tercera fecha de evaluación la aceptabilidad por el vino disminuye ligeramente al punto "me disgusta ligeramente", según la escala hedónica de 9 puntos.

Biasoto et al. (2014), mencionan que, durante el periodo de almacenamiento de vinos tintos, se produjeron cambios significativos tanto en las características fisicoquímicas como sensoriales. Desde el punto de vista sensorial, los autores reportaron una disminución progresiva de la intensidad aromática y de la aceptabilidad global del producto a lo largo del tiempo. Los vinos evaluados a los 0 y 3 meses presentaron mejores puntuaciones sensoriales, mientras que a partir del sexto mes se observó una pérdida de intensidad cromática, un aumento del pH, una reducción de la acidez titulable y un deterioro de la calidad sensorial, lo que evidencia una menor aceptabilidad global en las etapas más avanzadas del almacenamiento del vino.

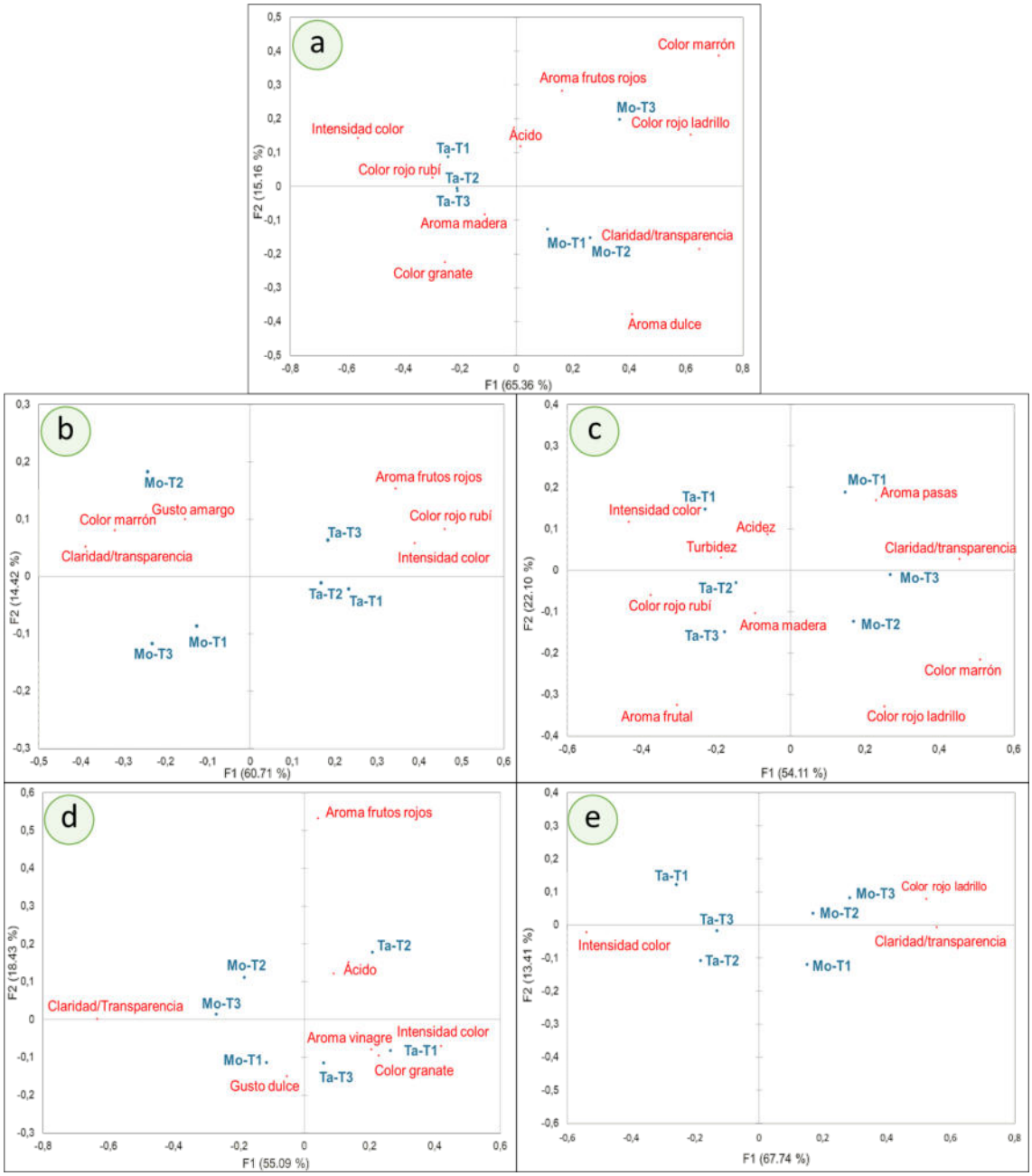
La disminución de la aceptabilidad sensorial del vino, medida mediante puntuación, respecto al tiempo de almacenamiento podría estar asociada a procesos de oxidación, pérdida de compuestos aromáticos volátiles y a factores fisicoquímicos, fenómenos comúnmente descritos durante el almacenamiento del vino en botella. Los cambios afectan directamente la percepción sensorial del producto, lo que explica la tendencia descendente observada en ambas regiones evaluadas. Por lo tanto, los resultados de aceptabilidad confirman que los vinos de Tacna y Moquegua mantienen una aceptabilidad de puntuación media y aceptable en las primeras etapas del almacenamiento, pero la prolongación del tiempo en botella conlleva una reducción gradual de su calidad sensorial percibida.

El perfil sensorial del vino se obtuvo mediante la pregunta CATA. En total para la prueba CATA se eligieron 29 atributos sensoriales, 8 atributos visuales (turbidez, intensidad de color, claridad, brillante, rojo rubí, granate, marrón, rojo ladrillo); 8 atributos olfativos (aroma dulce, madera, uva, pasas, frutos secos, herbáceos, vinagre, frutos rojos); 7 atributos gustativos (astringente, ácidos, picor, afrutado, dulce, cáscara de uva); y 6 atributos retronasales (madera, acidez, levadura, higo, frutal, pasas).

Según el análisis de correspondencia (CA) de los datos obtenidos de la prueba CATA en las cinco fechas de evaluación sensorial (Figura 7), se muestra cómo se percibieron los vinos tras 265 días de almacenamiento en botella, para el vino procedente de Tacna, y 251 días para el vino procedente de Moquegua.

Figura 7

Mapas perceptuales resultantes del análisis de correspondencia (CA) de datos obtenidos de la prueba CATA durante el almacenamiento del vino tinto de la variedad Negra Criolla de Tacna y Moquegua.



Nota: Primera fecha de evaluación (a); segunda fecha de evaluación (b); tercera fecha de evaluación (c); cuarta fecha de evaluación (d); quinta fecha de evaluación (e); Mo: vino de Moquegua; Ta: vino de Tacna; T1: adición de $K_2S_2O_5$ a 15 mg/L de SO_2 libre; T2: adición de $K_2S_2O_5$ a 30 mg/L de SO_2 libre; T3: adición de $K_2S_2O_5$ a 45 mg/L de SO_2 libre.

La Figura 7a corresponde al CA de la primera fecha de evaluación, con los diez atributos significativos según la prueba de Q de Cochran: intensidad de color, claridad, color rubí, color granate, color marrón, color rojo ladrillo, fruta roja, ácido, dulce, aroma a madera. Según el CA, muestra que el vino de Moquegua-T3, se asoció con los atributos color marrón, color rojo ladrillo, y frutos rojos, mientras que los vinos Moquegua-tratamiento 1 y 2 presentaron características sensoriales similares vinos claros/transparentes y aroma dulce; por otro lado, los vinos de Tacna (T1, T2, T3) presentaron similares atributos sensoriales como color rojo rubí, color granate, intensidad de color, y aroma retronasal a madera.

La figura 7b corresponde al CA de la segunda fecha de evaluación, con seis atributos significativos según la prueba de Q de Cochran: intensidad de color, claridad/transparencia, color rojo rubí, color marrón, frutos rojos y sabor amargo. Según el CA, se observa que los tres vinos de Tacna con los diferentes tratamientos (T1, T2, T3) presentaron un perfil sensorial similar, con color rojo rubí, intensidad de color y aroma a frutos rojos. Mientras que el vino de Moquegua-T2 se distinguió de los otros vinos Mo-T1 y Mo-T3 por presentar atributos asociados a la claridad/transparencia, el color marrón y el sabor amargo.

La figura 7c corresponde al CA de la tercera fecha de evaluación, con diez atributos significativos según la prueba de Q de Cochran: turbidez, intensidad del color, claridad/transparencia, color rojo rubí, color marrón, color rojo ladrillo, madera, pasas, acidez y aroma afrutado. Según el CA, se observan diferencias en los atributos sensoriales entre los vinos de Tacna y de Moquegua. El vino de Moquegua se caracteriza por presentar claridad/transparencia (Mo-T3), color marrón y color rojo ladrillo (Mo-T2) y aroma a pasas (Mo-T1). Mientras que el perfil sensorial del vino de Tacna se caracteriza por la intensidad del color (Ta-T1), color rojo rubí, turbidez y acidez (Ta-T2), aroma a madera y aroma retronasal frutal (Ta-T3).

La figura 7d, corresponde al CA de la cuarta fecha de evaluación, con siete atributos significativos según la prueba de Q de Cochran; estos fueron (intensidad de color, claridad/transparencia, color granate, vinagre, frutos rojos, ácido, dulce). Según el CA, también se observan claras diferencias sensoriales entre los vinos procedentes de Tacna y de Moquegua. Además, se observan ciertas diferencias entre los tratamientos; por ejemplo, el vino Ta-T1 se caracteriza por su intensidad de color, color granate y aroma a vinagre, y el vino Ta-T2 presenta aromas a frutos

rojos y acidez. Mientras que el tratamiento Mo-T1 se asoció a un sabor dulce, los tratamientos Mo-T2 y Mo-T3 se caracterizaron por su claridad/transparencia.

La figura 7e corresponde al CA de la quinta fecha de evaluación, con sólo tres atributos significativos según la prueba de Q de Cochran; estos fueron (intensidad de color, claridad/transparencia, color rojo ladrillo). Según el CA, se observan claras diferencias sensoriales entre ambos vinos. Los vinos de Tacna (T1, T2, T3) se caracterizaron por la intensidad de color, mientras que los vinos de Moquegua (T1, T2, T3) se asociaron con la claridad/transparencia y color rojo ladrillo.

En las primeras fechas de evaluación, los vinos de Tacna se caracterizaron por presentar atributos más vinculados a vinos jóvenes: color rojo rubí y granate, intensidad de color y de madera, mientras que los vinos de Moquegua, particularmente el T3, se asocian con color rojo ladrillo y marrón, y con frutos rojos, lo cual sugiere una evolución sensorial más rápida. Según Ribéreau-Gayon et al. (2021), estos cambios cromáticos están asociados a la polimerización de antocianinas y taninos, y a la degradación de pigmentos por oxidación; también indican que, durante la evolución del vino en botella, se observa una transición del color rojo violáceo hacia tonalidades más marrones debido a reacciones de oxidación y condensación de polifenoles.

Durante la tercera y cuarta fecha, los vinos de Moquegua comenzaron a mostrar atributos asociados al declive sensorial (claridad, oxidación, aroma a pasas o a vinagre), mientras que los vinos de Tacna conservaron características juveniles, aunque también empezaron a mostrar signos de evolución, como acidez marcada y aroma a madera. Estos atributos pueden relacionarse con los posibles cambios en el perfil polifenólico inicial y la capacidad antioxidante del vino, así como posibles diferencias en el TPO (oxígeno total del paquete) (Karbowiak et al., 2009; Waterhouse, Sacks, et al., 2016).

En las últimas fechas de evaluación (día 265 vino de Tacna / día 251 vino de Moquegua), los vinos de Tacna conservaron intensidad de color, lo cual puede ser reflejo de una mayor estabilidad polifenólica, mientras que los vinos de Moquegua presentaron claridad/transparencia y color rojo ladrillo, signos típicos de oxidación. Según Zamora (2016), el color rojo ladrillo y la transparencia excesiva pueden ser signos de una oxidación prematura del vino, especialmente en ausencia de una protección adecuada con SO_2. Los tratamientos con mayores dosis de SO_2

(T2 y T3) mantuvieron mejor el color y la estructura, aunque en el vino de Moquegua incluso este tratamiento mostró signos tempranos de evolución oxidativa, probablemente debido a una mayor carga oxidativa inicial o a condiciones de almacenamiento más adversas.

Según Ferreira et al. (2015), la pérdida de protección sensorial del vino está directamente ligada al consumo de SO_2 y a la acumulación de compuestos de oxidación como el acetaldehído, que confieren notas sensoriales como vinagre o pasas.

Desde el punto de vista sensorial, se observó una tendencia descendente de la intensidad aromática y de la aceptabilidad global a medida que aumentaba el tiempo de conservación. Los puntajes más altos se registraron en los primeros tres meses, disminuyendo progresivamente de los seis meses en adelante, en concordancia con lo señalado por Ugliano (2013), quien asoció estos efectos con el impacto del oxígeno disuelto y con la pérdida de SO_2 libre.

Los resultados obtenidos refuerzan la importancia del manejo adecuado del SO_2 libre y el control del oxígeno disuelto como herramientas esenciales para preservar la calidad fisicoquímica y sensorial del vino tinto durante su almacenamiento.

V. CONCLUSIONES

Se observó una disminución progresiva del SO_2 libre durante el almacenamiento en todos los tratamientos. En el tratamiento T1 se observó un aumento de los niveles de O_2 disuelto, de la acidez titulable y de la volátil, mientras que el grado alcohólico disminuyó ligeramente. Respecto al tratamiento T2 en el caso del vino de Tacna, el SO_2 libre se mantuvo seguro (>10 mg/L) hasta el día 199, y el O_2 disuelto se mantuvo bajo (<1.5 mg/L) hasta el día 113. En el vino de Moquegua, el O_2 disuelto se mantuvo adecuado únicamente hasta el día 98 con un valor de 1.08 mg/L, mientras que el SO_2 libre se mantuvo dentro de rangos seguros hasta el final del estudio. Esta dosis intermedia de 30 mg/L de SO_2 libre mantuvo estable la composición química (pH, grado alcohólico, acidez total y acidez volátil). Sin embargo, el tratamiento con T3 (45 mg/L de SO_2 libre) en vinos de Moquegua y de Tacna mostró mejores características químicas y sensoriales, lo que se adecua a lo recomendado por la OIV y mantiene valores cercanos al rango establecido de 20 a 40 mg/L de SO_2 libre para asegurar una protección antioxidante eficaz y una evolución sensorial estable.

La aceptabilidad general del vino se mantuvo constante en las dos primeras fechas tanto en el de Moquegua como en el de Tacna mostró una tendencia decreciente a partir de la tercera fecha de evaluación (125 días en vino de Moquegua y 139 en vino de Tacna), registrándose una ligera disminución en la preferencia de los consumidores, hasta ubicarse en el nivel “me disgusta ligeramente” con una puntuación de 4 puntos, según la escala hedónica de 9 puntos. No obstante, hacia el final del estudio (días 265 y 251) se observó una ligera disminución en los valores promedio. Las pruebas CATA y los análisis de correspondencia revelaron diferencias entre ambos vinos: el vino Tacna se destacó por la intensidad de color, de un rojo rubí, mientras que el vino de Moquegua resaltó por su claridad y transparencia. Asimismo, el perfil sensorial mostró una evolución marcada, pasando de atributos juveniles (color rubí, frutos rojos, notas de madera) a características oxidativas (pasas, vinagre y color rojo ladrillo).

VI. RECOMENDACIONES

Evitar concentraciones excesivas de sulfitado en vinos, ya que, aunque mejoran la estabilidad antioxidante, pueden incurrir en no conformidad con la normativa nacional y afectar la percepción sensorial en consumidores sensibles.

Se recomienda mantener un adecuado equilibrio entre la dosis de anhídrido sulfuroso y el control del oxígeno disuelto durante el almacenamiento en botella del vino tinto de variedad Negra Criolla, empleando condiciones de almacenamiento estables (temperatura y humedad controladas, mínima exposición a la luz, posición de la botella), con el fin de preservar la estabilidad fisicoquímica y la calidad sensorial del vino sin comprometer la normativa vigente ni la salud del consumidor.

Se recomienda explorar otros métodos sensoriales basados en consumidores de vino, con una frecuencia de consumo de al menos 1 o 2 veces al mes, o con mayor frecuencia, para identificar diferencias en el perfil descriptivo del vino.

Realizar otros análisis fisicoquímicos del vino, tales como la composición de fenoles totales e individuales, la capacidad antioxidante y los compuestos volátiles, para contrastarlos con el perfil sensorial del vino.

V. REFERENCIAS

Ailer, Š., Jakabová, S., Benešová, L., & Ivanova-Petropulos, V. (2022). Wine Faults: State of Knowledge in Reductive Aromas, Oxidation and Atypical Aging, Prevention, and Correction Methods. *Molecules*, *27*, 3535. https://doi.org/10.3390/molecules27113535

Alcalde-Eon, C., Escribano-Bailón, M. T., Santos-Buelga, C., & Rivas-Gonzalo, J. C. (2006). *Changes in the detailed pigment composition of red wine during maturity and ageing: A comprehensive study*. Analytica Chimica Acta, 563, 238–254. https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.11.028

Aldas, J., & Uriel, E. (2017). *Análisis multivariante aplicado [Applied multivariate analysis]*. *2*, 31–155. https://books.google.com/books/about/An%C3%A1lisis_multivariante_aplicado_con_R_2.html?hl=es&id=FyE3DwAAQBAJ

Álvarez, C. P. (2019). *Evaluación de la capacidad de consumo de oxígeno en vinos Cabernet Sauvignon y Sauvignon Blanc* [Universidad de Talca (Chile)]. https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4432602

AOAC International. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.

Arapitsas, P., Dalledonne, S., Scholz, M., Catapano, A., Carlin, S., & Mattivi, F. (2020). White wine light-strike fault: A comparison between flint and green glass bottles under the typical supermarket conditions. *Food Packaging and Shelf Life*, *24*, 100492. https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2020.100492

Atanasova, V., Fulcrand, H., Cheynier, V., & Moutounet, M. (2002). Effect of oxygenation on polyphenol changes occurring in the course of wine-making. *Analytica Chimica Acta*, *458*(1), 15–27. https://doi.org/10.1016/S0003-2670(01)01617-8

Azevedo, J., Pinto, J., Teixeira, N., Oliveira, J., Cabral, M., Guedes de Pinho, P., Lopes, P., Mateus, N., & de Freitas, V. (2022). The Impact of Storage Conditions and Bottle Orientation on the Evolution of Phenolic and Volatile Compounds of Vintage Port Wine. *Foods*, *11*(18), 2770. https://doi.org/10.3390/FOODS11182770/S1

Bakker, Bridle, P., Bellworthy, S. J., Garcia-Viguera, C., Reader3, H. P., & Watkins3, S. J. (1998). Eþect of Sulphur Dioxide and Must Extraction on Colour, Phenolic Composition and Sensory Quality of Red Table Wine. *J Sci Food Agric*, *78*, 297–307. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199811)78:3<297::AID-JSFA117>3.0.CO;2-G

Bakker, J., & Clarke, R. J. (2011). *Wine Flavour Chemistry*, Second Edition. *Wine Flavour Chemistry, Second Edition*. https://doi.org/10.1002/9781444346022

Belda, I., Navascués, E., Alonso, A., Marquina, D., & Santos, A. (2014). *Microbiología del proceso de vinificación: selección de levaduras Saccharomyces cerevisiae autóctonas con óptimas propiedades enológicas*. Reduca, *7*,1–14.

Biasoto, A. C. T., Netto, F. M., Marques, E. J. N., & Da Silva, M. A. A. P. (2014). Acceptability and preference drivers of red wines produced from Vitis labrusca and hybrid grapes. *Food Research International*, *62*, 456–466. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2014.03.052

Bordeu, E., & Scarpa, J. (1998). *Análisis Químico del Vino* (1 edition). Pontificia Universidad Católica de Chile.

Boulton, R. B., Singleton, V. L., Bisson, L. F., & Kunkee, R. E. (1999). The Role of Sulfur Dioxide in Wine. *Principles and Practices of Winemaking*, 448–473. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6255-6_12

Cassino, C., Tsolakis, C., Bonello, F., Gianotti, V., & Osella, D. (2019). Wine evolution during bottle aging, studied by 1H NMR spectroscopy and multivariate statistical analysis. *Food Research International*, *116*, 566–577. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.08.075

Castellanos, E. R., Jofre, V. P., Fanzone, M. L., Assof, M. V., Catania, A. A., Diaz-Sambueza, A. M., Heredia, F. J., & Mercado, L. A. (2021). Effect of different closure types and storage temperatures on the color and sensory characteristics development of Argentinian Torrontes Riojano white wines aged in bottles. *Food Control*, *130*. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108343

Clark, R. A., Hewson, L., Bealin-Kelly, F., & Hort, J. (2011). The interactions of CO_2, ethanol, hop acids and sweetener on flavour perception in a model beer.

Chemosensory Perception, *4*(1–2), 42–54. https://doi.org/10.1007/S12078-011-9087-3/FIGURES/6

Coaguila, M. M. (2019). *Evaluación de compuestos fenólicos en la elaboración de vino tinto por efecto del congelado de uva (Vitis vinífera) negra criolla.* https://hdl.handle.net/20.500.14655/110

Cochran, W. G. (1950). The comparison of percentages in matched samples. *Biometrika*, *37*(3–4), 256–266. https://doi.org/10.1093/BIOMET/37.3-4.256

Critchlow, D. E., & Fligner, M. A. (1991). On distribution-free multiple comparisons in the one-way analysis of variance. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, *20*(1), 127–139. https://doi.org/10.1080/03610929108830487;SUBPAGE:STRING:ACCESS

Crouvisier-Urion, K., Bellat, J. P., Gougeon, R. D., & Karbowiak, T. (2018). Gas transfer through wine closures: A critical review. *Trends in Food Science & Technology*, *78*, 255–269. https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.05.021

Ćurko, N., Ganić, K. K., Tomašević, M., Gracin, L., Jourdes, M., & Teissedre, P. L. (2021). Effect of enological treatments on phenolic and sensory characteristics of red wine during aging: Micro-oxygenation, sulfur dioxide, iron with copper and gelatin fining. *Food Chemistry*, *339*, 127848. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.127848

Danilewicz, J. C. (2016). Reaction of oxygen and sulfite in wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, *67*(1), 13–17. https://doi.org/10.5344/ajev.2015.15069

Danilewicz, J. C., & Standing, M. J. (2018). Reaction mechanisms of oxygen and sulfite in red wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, *69*(3), 189–195. https://doi.org/10.5344/ajev.2018.17095

Day, M. P., Schmidt, S. A., Smith, P. A., & Wilkes, E. N. (2015). Use and impact of oxygen during winemaking. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *21*, 693–704. https://doi.org/10.1111/AJGW.12199

Divol, B., Du Toit, M., & Duckitt, E. (2012). Surviving in the presence of sulphur dioxide: Strategies developed by wine yeasts. *Applied Microbiology and Biotechnology, 95*, 601–613.

Devatine, A., Chiciuc, I., & Mietton-Peuchot, M. (2011). *The protective role of dissolved carbon dioxide against wine oxidation: a simple and rational approach.* OENO One, 45(3), 133-140. https://oeno-one.eu/article/view/1494

Delarue, Julien., & Lawlor, J. Ben. (2023). *Rapid sensory profiling techniques : applications in new product development and consumer research* (Megan R. Ball, Ed.; Second Edition). Woodhead Publishing, an imprint of Elsevier.

Delgado, N. T. (2017). *Efecto del tiempo de fermentación con orujos del mosto de uva negra criolla (Vitis vinífera L.) en el contenido de antocianos totales del vino tinto de Magollo, Tacna*.

Dimkou, E., Ugliano, M., Dieval, J. B., Vidal, S., Aagaard, O., Rauhut, D., & Jung, R. (2011). Impact of headspace oxygen and closure on sulfur dioxide, color, and hydrogen sulfide levels in a Riesling wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, *62*(3), 261–269. https://doi.org/10.5344/ajev.2011.11006

Dimkou, E., Ugliano, M., Diéval, J. B., Vidal, S., & Jung, R. (2013). Impact of dissolved oxygen at bottling on sulfur dioxide and sensory properties of a riesling wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, *64*(3), 325–332. https://doi.org/10.5344/ajev.2013.12112

du Toit, W. J., & Aleixandre-Tudo, J. L. (2022). Microoxygenation: Effect on wine composition and quality. *Managing Wine Quality: Volume 2: Oenology and Wine Quality*, 303–330. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102065-4.00012-2

du Toit, W. J., Marais, J., Pretorius, I. S., & du Toit, M. (2006). Oxygen in Must and Wine: A review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, *27*(1), 76–94. https://doi.org/10.21548/27-1-1610

Echave, J., Barral, M., Fraga-Corral, M., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2021). Bottle Aging and Storage of Wines: A Review. *Molecules 2021, Vol. 26, Page 713*, *26*(3), 713. https://doi.org/10.3390/MOLECULES26030713

Escudero, A., Asensio, E., Cacho, J., & Ferreira, V. (2002). Sensory and chemical changes of young white wines stored under oxygen. An assessment of the role played by aldehydes and some other important odorants. *Food Chemistry*, *77*(3), 325–331. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00355-7

Ferreira, V., Carrascon, V., Bueno, M., Ugliano, M., & Fernandez-Zurbano, P. (2015). Oxygen Consumption by Red Wines. Part I: Consumption Rates, Relationship with Chemical Composition, and Role of SO2. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *63*(51), 10928–10937. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02988

Ferrer-Gallego, R., Puxeu, M., Martín, L., Nart, E., Hidalgo, C., & Andorrà, I. (2018). Microbiological, Physical, and Chemical Procedures to Elaborate High-Quality SO2-Free Wines. In *Grapes and Wines - Advances in Production, Processing, Analysis and Valorization*. http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.71627

Forino, M., Picariello, L., Rinaldi, A., Moio, L., & Gambuti, A. (2020). How must pH affects the level of red wine phenols. *LWT*, *129*, 109546. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.109546

Fulcrand, H., Dueñas, M., Salas, E., & Cheynier, V. (2006). Phenolic Reactions during Winemaking and Aging. *American Journal of Enology and Viticulture*, *57*(3), 289–297. https://doi.org/10.5344/AJEV.2006.57.3.289

Gabrielli, M., Fracassetti, D., Romanini, E., Colangelo, D., Tirelli, A., & Lambri, M. (2021). Oxygen-induced faults in bottled white wine: A review of technological and chemical characteristics. *Food Chemistry*, *348*, 128922. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.128922

Gambuti, A., Picariello, L., Forino, M., Errichiello, F., Guerriero, A., & Moio, L. (2022). How the Management of pH during Winemaking Affects Acetaldehyde, Polymeric Pigments and Color Evolution of Red Wine. *Applied Sciences (Switzerland)*, *12*(5), 2555. https://doi.org/10.3390/APP12052555/S1

Gambuti, A., Picariello, L., Moio, L., & Waterhouse, A. L. (2019). Cabernet Sauvignon Aging Stability Altered by Microoxygenation. *American Journal*

of Enology and Viticulture, *70*(3), 323–331. https://doi.org/10.5344/AJEV.2019.18061

Gambuti, A., Siani, T., Picariello, L., Rinaldi, A., Lisanti, M. T., Ugliano, M., Dieval, J. B., & Moio, L. (2017). Oxygen exposure of tannins-rich red wines during bottle aging. Influence on phenolics and color, astringency markers and sensory attributes. *European Food Research and Technology*, *243*(4), 669–680. https://doi.org/10.1007/S00217-016-2780-3/FIGURES/2

Gawel, R., Schulkin, A., Smith, P. A., Espinase, D., & McRae, J. M. (2020). Effect of dissolved carbon dioxide on the sensory properties of still white and red wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *26*(2), 172–179. https://doi.org/10.1111/AJGW.12429;WGROUP:STRING:PUBLICATION

Georffino, V. L. (2016). *Evaluación del tiempo de maceración para la extracción de antocianos en orujos del mosto de uva Negra Criolla (Vitis vinífera L) durante la fermentación en Pocollay*.

Giacosa, S., Río Segade, S., Cagnasso, E., Caudana, A., Rolle, L., & Gerbi, V. (2019). SO2 in Wines: Rational Use and Possible Alternatives. *Red Wine Technology*, 309–321. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814399-5.00021-9

Giuffrida de Esteban, M. L., Ubeda, C., Heredia, F. J., Catania, A. A., Assof, M. V, Fanzone, M. L., & Jofre, V. P. (2019). Impact of closure type and storage temperature on chemical and sensory composition of Malbec wines (Mendoza, Argentina) during aging in bottle. *Food Research International*, *125*(February). https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108553

Godden, P., Francis, L., Field, J., Gishen, M., Coulter, A., Valente, P., Høj, P., & Robinson, E. (2001b). Wine bottle closures: Physical characteristics and effect on composition and sensory properties of a Semillon wine I. Performance up to 20 months post-bottling. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *7*(2), 64–105. https://doi.org/10.1111/J.1755-0238.2001.TB00196.X

Grainger, K. (2021a). Excessive Volatile Acidity and Ethyl Acetate. *Wine Faults and Flaws*, 257–285. https://doi.org/10.1002/9781118979082.CH7

Grainger, K. (2021b). Oxidation, Premox, and Excessive Acetaldehyde. *Wine Faults and Flaws*, 171–217. https://doi.org/10.1002/9781118979082.ch5

Grainger, K., & Tattersall, H. (2016). Preparing wine for bottling. *Wine Production and Quality*, 116–125. https://doi.org/10.1002/9781118934562.CH13

Guerrero, R. F., & Cantos-Villar, E. (2015). Demonstrating the efficiency of sulphur dioxide replacements in wine: A parameter review. *Trends in Food Science and Technology*, *42*(1), 27–43. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.11.004

Haslam, E. (1980). *In vino veritas: Oligomeric procyanidins and the aging of red wines*. Phytochemistry, 19, 2577–2582. https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)83968-9

Hidalgo, J. (2018). *Tratado de Enología* (Ediciones Mundi-Prensa, Ed.; 3 edición). http://www.inecc.gob.mx/ai-tratados-nairobi

INACAL. (2016). *NTP 212.001:2016. Vino. Terminología* (1.ª ed.). Lima: Instituto Nacional de Calidad.

INACAL. (2016). *NTP 212.014:2011. Bebidas alcohólicas vitivinícolas. Vinos. Requisitos* (revisión 2016). Lima: Instituto Nacional de Calidad.

INDECOPI. (2009). *Norma Técnica Peruana NTP 212.047:2009. Vino. Determinación de acidez total (1.ª ed.)*. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). *Producción Nacional de Uva: Resultados por departamentos*. INEI.

Jackson, R. S. (2020). Chemical constituents of grapes and wine. *Wine Science*, 375–459. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816118-0.00006-4

Karbowiak, T., Gougeon, R. D., Alinc, J. B., Brachais, L., Debeaufort, F., Voilley, A., & Chassagne, D. (2009). Wine Oxidation and the Role of Cork. *Http://Dx.Doi.Org.Uchile.Idm.Oclc.Org/10.1080/10408390802248585*, *50*(1), 20–52. https://doi.org/10.1080/10408390802248585

Koussissi, E., Paterson, A., & Cristovam, E. (2002). Sensory Discrimination of Dry Red Wines from Greece. *Journal of Wine Research*, *13*(2), 165–179. https://doi.org/10.1080/0957126022000018007

Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Source: Journal of the American Statistical Association*, *47*(260), 583–621.

Lacoste, P. (2021). La variedad de uva País (Listán Prieto) en el Cono Sur de América: trayectoria histórica. *Idesia (Arica)*, *39*(2), 75–84. https://doi.org/10.4067/S0718-34292021000200075

Lambropoulos, I., & Roussis, I. G. (2007). Inhibition of the Decrease of Volatile Esters and Terpenes During Storage of Wines and a Model Wine Medium by Wine Phenolic Extracts. *Food Technology and Biotechnology*. https://www.researchgate.net/publication/241891197

Lan, H., Li, S., Yang, J., Li, J., Yuan, C., & Guo, A. (2021). Effects of light exposure on chemical and sensory properties of storing Meili Rosé wine in colored bottles. *Food Chemistry*, *345*, 128854. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.128854

Lester, M. R. (1995). Sulfite sensitivity: significance in human health. *Journal of the American College of Nutrition*, *14*(3), 229–232. https://doi.org/10.1080/07315724.1995.10718500

Linsenmeier, A. W., Rauhut, D., & Sponholz, W. R. (2010). Ageing and flavour deterioration in wine. *Managing Wine Quality: Oenology and Wine Quality*, 459–493. https://doi.org/10.1533/9781845699987.2.459

Lisanti, M. T., Blaiotta, G., Nioi, C., & Moio, L. (2019). Alternative methods to sulfur dioxide for the microbial stabilization of wine. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 455–479. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12422

Liu, D., Xing, R. R., Li, Z., Yang, D. M., & Pan, Q. H. (2016). Evolution of volatile compounds, aroma attributes, and sensory perception in bottle-aged red wines and their correlation. *European Food Research and Technology*, *242*(11), 1937–1948. https://doi.org/10.1007/S00217-016-2693-1/FIGURES/5

Lopes, P., Saucier, C., Teissedre, P. L., & Glories, Y. (2006). Impact of storage position on oxygen ingress through different closures into wine bottles.

Journal of Agricultural and Food Chemistry, *54*(18), 6741–6746. https://doi.org/10.1021/jf0614239

Lopes, P., Saucier, C., Teissedre, P. L., & Glories, Y. (2007). Main routes of oxygen ingress through different closures into wine bottles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *55*(13), 5167–5170. https://doi.org/10.1021/JF0706023,

Lopes, P., Silva, M. A., Pons, A., Tominaga, T., Lavigne, V., Saucier, C., Darriet, P., Teissedre, P. L., & Dubourdieu, D. (2009). Impact of oxygen dissolved at bottling and transmitted through closures on the composition and sensory properties of a sauvlgnon blanc wine during bottle storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(21), 10261–10270. https://doi.org/10.1021/JF9023257/ASSET/IMAGES/LARGE/JF-2009-023257_0005.JPEG

Lukić, K., Ćurko, N., Tomašević, M., & Kovačević Ganić, K. (2020). *Phenolic and aroma changes of red and white wines during aging induced by high hydrostatic pressure.* Foods, 9(8), 1034. https://doi.org/10.3390/foods9081034

Macfie, H. J., Bratchell, N., Greenhoff, K., & Vallis, L. V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies*, *4*(2), 129–148. https://doi.org/10.1111/J.1745-459X.1989.TB00463.X

Mahieu, B., Visalli, M., Thomas, A., & Schlich, P. (2020). Free-comment outperformed check-all-that-apply in the sensory characterisation of wines with consumers at home. *Food Quality and Preference*, *84*, 103937. https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2020.103937

Mas, A., Puig, J., Lladoa, N., & Zamora, F. (2002). Sealing and storage position effects on wine evolution. *Journal of Food Science*, *67*(4), 1374–1378. https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2002.TB10292.X;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER

Miao, Y., & Waterhouse, A. L. (2025). Rapid White Wine Shelf-Life Prediction by Forecasting Free SO2 Loss Post-Bottling. *American Journal of Enology and Viticulture*, *76*(1), 760008. https://doi.org/10.5344/AJEV.2025.24057

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). *Caracterización de la cadena productiva de la vid en el Perú*. MIDAGRI-PERU.

Ministerio de Agricultura. Dirección General de Aguas e Irrigación. (1972). Estudio agrológico detallado del valle de Tacna y Pampas de La Yarada: departamento de Tacna. In *Autoridad Nacional del Agua*. MINAG. https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/1477

Ministerio de la Producción. (2023). *Lineamientos para el fortalecimiento de la competitividad y el valor agregado de las actividades productivas*. PRODUCE. https://www.gob.pe/institucion/produce/buscador?term=vino+moquegua+y+tacna&institucion=produce&topic_id=&contenido=&sort_by=none

OIV. (2020). *OIV-OENO 631-2020: Directrices para el uso del anhídrido sulfuroso en la elaboración del vino*. Organización Internacional de la Viña y el Vino.

Ough, C. S., & Crowell, E. A. (1987). Use of Sulfur Dioxide in Winemaking. *Journal of Food Science*, *52*(2), 386–388. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb06620.x

Pati, S., Crupi, P., Savastano, M. L., Benucci, I., & Esti, M. (2020a). Evolution of phenolic and volatile compounds during bottle storage of a white wine without added sulfite. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *100*(2), 775–784. https://doi.org/10.1002/JSFA.10084;WGROUP:STRING:PUBLICATION

Pati, S., Crupi, P., Savastano, M. L., Benucci, I., & Esti, M. (2020b). Evolution of phenolic and volatile compounds during bottle storage of a white wine without added sulfite. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *100*(2), 775–784. https://doi.org/10.1002/JSFA.10084;WGROUP:STRING:PUBLICATION

Puech, C., Vidal, S., Pegaz, J. F., Riou, C., & Uchot, P. (2006). Influencia de las condiciones de conservación del vino en botella sobre su evolución. *Revista de Viticultura y Enología*, *33*(0), 1–8. WWW.INFOWINE.COM

Reeves, M. (2009). Packaging and the Shelf Life of Wine. *Food Packaging and Shelf Life*, 231–257. https://doi.org/10.1201/9781420078459-C13

Rentzsch, M., Schwarz, M., & Winterhalter, P. (2007). Piranoantocianinas: resumen de estructuras, presencia y vías de formación. *Trends in Food Science & Technology*, 18, 526–534. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.04.014

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (2021). *Handbook of Enology* (Third Edit, Vol. 1). Wiley.

Rice, P. M. (1996). The Archaeology of Wine: The Wine and Brandy Haciendas of Moquegua, Peru. *Source: Journal of Field Archaeology*, *23*(2), 187–204.

Sacks, G. L., Howe, P. A., Standing, M., & Danilewicz, J. C. (2020). Free, Bound, and Total Sulfur Dioxide (SO2) during Oxidation of Wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, *71*(4), 266–277. https://doi.org/10.5344/AJEV.2020.19083

Scrimgeour, N., Nordestgaard, S., Lloyd, N. D. R., & Wilkes, E. N. (2015). Exploring the effect of elevated storage temperature on wine composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *21*, 713–722. https://doi.org/10.1111/AJGW.12196;CSUBTYPE:STRING:SPECIAL;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER

Siebert, T. E., Solomon, M. R., Pollnitz, A. P., & Jeffery, D. W. (2010). Selective Determination of Volatile Sulfur Compounds in Wine by Gas Chromatography with Sulfur Chemiluminescence Detection. *J. Agric. Food Chem*, *58*, 9454–9462. https://doi.org/10.1021/jf102008r

Skouroumounis, G. K., Kwiatkowski, M. J., Francis, I. L., Oakey, H., Capone, D. L., Duncan, B., Sefton, M. A., & Waters, E. J. (2005). The impact of closure type and storage conditions on the composition, colour and flavour properties of a Riesling and a wooded Chardonnay wine during five years' storage. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *11*(3), 369–377. https://doi.org/10.1111/J.1755-0238.2005.TB00036.X;WGROUP:STRING:PUBLICATION

Stone, H., Bleibaum, R. N., & Thomas, H. A. (2021). Measurement. *Sensory Evaluation Practices*, 79–116. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815334-5.00002-1

Tarasov, A., Giuliani, N., Dobrydnev, A., Müller, N., Volovenko, Y., Rauhut, D., & Jung, R. (2019). Absorption of 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN) from wine by bottle closures. *European Food Research and Technology*, *245*(11), 2343–2351. https://doi.org/10.1007/S00217-019-03351-8/FIGURES/2

Tarasov, A., Rauhut, D., & Jung, R. (2017). "Cork taint" responsible compounds. Determination of haloanisoles and halophenols in cork matrix: A review. *Talanta*, *175*, 82–92. https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2017.07.029

Toussaint, M., Vidal, J. C., & Salmon, J. M. (2014). Comparative evolution of oxygen, carbon dioxide, nitrogen, and sulfites during storage of a rosé wine bottled in PET and glass. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *62*(13), 2946–2955. https://doi.org/10.1021/JF405392U,

Ugliano, M. (2013). Oxygen contribution to wine aroma evolution during bottle aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(26), 6125–6136. https://doi.org/10.1021/JF400810V/ASSET/IMAGES/LARGE/JF-2013-00810V_0010.JPEG

Ugliano, M., Diéval, J.-B., & Vidal, S. (2012). Gestión de oxígeno durante la crianza del vino mediante la selección del tapón: Tendencia actuales y perspectivas. *Enólogos, ISSN 1695-7296, No. 76, 2012, Págs. 20-30*, *76*, 20–30. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4032951

Valade, M., Vernhet, A., & Moutounet, M. (2009). Le gaz carbonique dans les vins tranquilles: origines, effets et méthodes d'analyse. *Revue des Œnologues*, (132), 19–21.

Valentin, D., Chollet, S., Lelièvre, M., & Abdi, H. (2012). Quick and dirty but still pretty good: a review of new descriptive methods in food science. *International Journal of Food Science & Technology*, *47*(8), 1563–1578. https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2012.03022.X

Vally, H., & Misso, N. L. A. (2012). Adverse reactions to the sulphite additives. *Gastroenterology and Hepatology From Bed to Bench*, *5*(1), 16.

https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4017440/

Vally, H., Misso, N. L. A., Madan, V., & Vally, H. (2009). *Clinical effects of sulphite additives Clinical & Experimental Allergy*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.2009.03362.x

Venturi, F., Sanmartin, C., Taglieri, I., Xiaoguo, Y., Quartacci, M. F., Sgherri, C., Andrich, G., & Zinnai, A. (2017). A kinetic approach to describe the time evolution of red wine as a function of packaging conditions adopted: Influence of closure and storage position. *Food Packaging and Shelf Life*, *13*, 44–48. https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2017.07.001

Vidal, J.-C., Salmon, J.-M., & Toussaint, M. (2015). Estimation of wine's shelf-life by monitoring free SO2 and total oxygen ingresses. *Conference: 37th World Congress of Vine and Wine*. https://www.researchgate.net/publication/341723209

Waterhouse, A. L., Frost, S., Ugliano, M., Cantu, A. R., Currie, B. L., Anderson, M., Chassy, A. W., Vidal, S., Diéval, J. B., Aagaard, O., & Heymann, H. (2016). Sulfur dioxide–oxygen consumption ratio reveals differences in bottled wine oxidation. In *American Journal of Enology and Viticulture* (Vol. 67, Issue 4). https://doi.org/10.5344/ajev.2016.16006

Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016). Understanding wine chemistry. *Understanding Wine Chemistry*, 1–480. https://doi.org/10.1002/9781118730720

Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2024). Aldehydes, Ketones, and Related Compounds. *Understanding Wine Chemistry*, 88–98. https://doi.org/10.1002/9781394258406.CH9

Zamora, F. (2006). *Manual de Vitivinicultura en Climas Cálidos.* Universidad de Barcelona – Ribera del Duero.

Zhang, D., Wei, Z., Han, Y., Duan, Y., Shi, B., & Ma, W. (2023). A Review on Wine Flavour Profiles Altered by Bottle Aging. *Molecules 2023, Vol. 28, Page 6522*, *28*(18), 6522. https://doi.org/10.3390/MOLECULES28186522

Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. C., Gump, B. H., & Nury, F. S. (1995). *Wine analysis and production*. Aspen Publishers.

https://books.google.com/books/about/Wine_Analysis_and_Production.html?hl=es&id=vH8aY4zK5r8C

VI. ANEXOS

Anexo A

Características sociodemográficas del participante y hábitos de consumo de vino.

ACERCA DEL PARTICIPANTE

- ¿En qué parámetros de edad se encuentra usted?

  ☐ 18 a 24 años
  ☐ 25 a 31 años
  ☐ 32 a 38 años
  ☐ 39 a 45 años
  ☐ 46 a 52 años
  ☐ 53 años a más

- ¿Cuál es su nivel de educación y profesión?

  ☐ Estudios técnicos o universitarios concluidos
  ☐ Estudios universitarios no concluidos

- ¿A qué sexo pertenece?:

  Femenino ☐
  Masculino ☐

- Consume tabaco, cigarro con frecuencia
  si ☐ no ☐

- ¿Sufre de alguna enfermedad que afecte su interpretación sensorial?
  si ☐ no ☐

RESPECTO AL VINO

1. **Conocimiento y consumo de vinos**

- ¿Qué tipos de vinos conoce? (puede marcar más de una respuesta)

☐ Vino tinto
☐ Vino blanco
☐ Vino rosado
☐ Vino espumoso
☐ Vino generoso

- ¿Qué tipo de vino consume? (puede marcar más de una respuesta)

☐ Vino tinto
☐ Vino blanco
☐ Vino rosado
☐ Vino espumoso
☐ Vino generoso

- ¿De los vinos tintos que tipo de vino consume? (puede marcar más de una respuesta)

☐ Vino tinto seco
☐ Vino tinto semi seco
☐ Vino tinto dulce

- ¿Cuál es su frecuencia de consumo de vino?

☐ Diariamente
☐ 1 a 2 veces por semana
☐ 1 a 2 veces por mes
☐ 1 a 2 veces por año
☐ Otro……

Anexo B

Ficha de evaluación sensorial

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

N° muestra: ..... Fecha: .....

Instrucciones: Usted analizará el vino de manera visual, olfativa, gustativa y retronasal.
Aspecto visual: observará todos los colores referentes a este vino.
Aspecto olfativo: se acercará a la copa de vino y percibirá todos los aromas asociados al vino.
Aspecto gustativo: tomará un sorbo de vino y describirá los sabores percibidos.
Aspecto retronasal: tomará un sorbo de vino posteriormente va aspirar un poco de aire para percibir los aromas por la vía retronasal



Fase visual:

¿Marca todas las palabras que describan al vino?

- ☐ Turbidez
- ☐ Intensidad de color
- ☐ Claridad/transparencia
- ☐ Brillante
- ☐ Rojo rubí
- ☐ Granate
- ☐ Marrón
- ☐ Rojo ladrillo



Fase olfativa:

¿Marca todas las palabras que describan al vino?

- ☐ Aroma dulce
- ☐ Madera
- ☐ Uva
- ☐ Pasas
- ☐ Frutos secos
- ☐ Herbáceo
- ☐ Vinagre (Ácido acético)
- ☐ Frutos rojos



Fase gustativa:

¿Marca todas las palabras que describan al vino?

- ☐ Amargo
- ☐ Astringente
- ☐ Ácido
- ☐ Picor (alcohol)
- ☐ Afrutado
- ☐ Dulce
- ☐ Uva/cascara de uva



Fase Retronasal:

¿Marca todas las palabras que describan al vino?

- ☐ Madera
- ☐ Acidez
- ☐ Levadura
- ☐ Higo
- ☐ Frutal
- ☐ Pasas

¿Cuánto le gusta este vino?

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Me disgusta muchísimo — Me es indiferente — Me gusta muchísimo

Anexo C

Ficha de análisis sensorial para identificación de los atributos (FOCUS GROUP)

I. Aspecto
   1. Observar el vino inclinando la copa entre 30 y 45° sobre un fondo blanco.
   2. Anotar las características
      - Claridad (ausencia de turbidez)
      - Tonalidad (matiz o tonalidad) e intensidad (intensidad o cantidad de pigmentación
      - Viscosidad (resistencia a fluir)

II. Análisis olfativo <<en copa >>
   1. Oler la copa de la copa sin agitar
   2. Estudiar y anotar la naturaleza de los aromas
   3. Agitar la copa para favorecer que los compuestos aromáticos del vino se desprendan
   4. Oler el vino, primero en boca de la copa y luego introducir la nariz
   5. Estudiar y anotar la naturaleza de los aromas

III. Análisis gustativo
   1. Introducir una pequeña cantidad (entre 6 y 10 ml) de muestra en la boca
   2. Mover el vino en la boca para alcanzar todas las partes de la lengua, carrillos y paladar
   3. Anotar cada una de las sensaciones gustativas (dulzor, acidez, amargor)
   4. Centrarse en las sensaciones táctiles (tacto en boca) de astringencia, picor, cuerpo, temperatura y «calor >>

IV. Análisis retronasal
   1. Llevar el aire que se ha hecho pasar a través del vino durante 15-30 segundos hacia los pulmones
   2. Tragar el vino o echarlo a una escupidera
   3. Llevar los vapores liberados hacia la cavidad nasal
   4. Todo aroma detectado de esta manera se denomina retronasal, normalmente aparece en los vinos de mayor calidad o en los más aromáticos

Anexo D

Fórmula general para calcular la cantidad de metabisulfito de potasio (KMBS) a añadir a un vino para ajustar el SO_2 libre, siguiendo el criterio de reparto de SO_2 según Peynaud.

Este método fue desarrollado por el enólogo francés Émile Peynaud, un especialista en la enología moderna. Se basa en el comportamiento del SO_2 en el vino, considerando que no todo el SO_2 adicionado permanece en forma libre, ya que una parte se combina con compuestos del vino (Hidalgo, 2018).

- Aplicación práctica: Cálculo

Paso 1: Calcular el SO_2 libre faltante

SO_2 libre deseado (mg/L) − SO_2 libre actual (mg/L) = SO_2 libre faltante

Paso 2: E. Peynaud establece una regla de índices de combinación para los vinos normales:

Nivel de SO_2 libre en el vino (mg/L)	Proporción libre (SO_2 libre)	Proporción SO_2 combinada
< 30 mg/L	1/2 (50%)	1/2 (50%)
30–60 mg/L	2/3 (66,7%)	1/3 (33,3%)
60–120 mg/L	3/4 (75%)	1/4 (25%)

Paso 3: Calcular la cantidad total de SO_2 necesaria para corrección

SO_2 total a añadir (mg/L) = SO_2 libre faltante (mg/L) / Proporción libre

Paso 4: Calcular los gramos de metabisulfito de potasio a añadir

Según el tipo de sal sulfitante: 1 g de KMBS = 0.57 g de SO_2 (Equivalencia)

$$\text{KMBS (g)} = \frac{SO2\ total\ a\ añadir\ \left(\frac{mg}{L}\right) x\ Volumen\ del\ vino\ (L)}{Equivalencia\ \left(mg\frac{SO_2}{g}\right)}$$

Nota:

- El resultado es la cantidad de KMBS a añadir en gramos.

Anexo E

Equivalencia entre volumen medido y CO_2 (g/L) contenido en la muestra a una cierta temperatura.

°C/ml	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	0,35	0,34	0,33	0,33	0,33	0,31	0,31	0,30	0,29	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,25	0,24	0,24	0,23	0,22
98	0,42	0,40	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36	0,35	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27
97	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42	0,41	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,36	0,35	0,34	0,33	0,32
96	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48	0,46	0,46	0,45	0,44	0,44	0,43	0,42	0,41	0,40	0,38	0,37
95	0,65	0,64	0,63	0,61	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,50	0,49	0,48	0,46	0,45	0,43	0,42
94	0,72	0,71	0,69	0,68	0,67	0,65	0,64	0,62	0,61	0,59	0,58	0,57	0,57	0,56	0,55	0,54	0,52	0,51	0,50	0,48	0,47
93	0,79	0,77	0,76	0,74	0,73	0,71	0,70	0,68	0,67	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55	0,53	0,51
92	0,85	0,84	0,82	0,81	0,79	0,78	0,76	0,74	0,72	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65	0,63	0,61	0,59	0,58	0,56
91	0,92	0,91	0,89	0,87	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60
90	0,99	0,97	0,95	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
89	1,05	1,03	1,01	0,99	0,97	0,96	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,78	0,76	0,73	0,71	0,69
88	1,11	1,09	1,07	1,05	1,03	1,01	0,99	0,97	0,94	0,92	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,75	0,73
87	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	1,00	0,97	0,95	0,94	0,93	0,92	0,90	0,89	0,87	0,84	0,82	0,80	0,77
86	1,23	1,21	1,19	1,16	1,14	1,12	1,10	1,07	1,05	1,02	1,00	0,99	0,98	0,96	0,95	0,94	0,91	0,89	0,86	0,84	0,81
85	1,29	1,27	1,24	1,22	1,20	1,18	1,15	1,13	1,10	1,08	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,87
84	1,34	1,32	1,30	1,27	1,25	1,23	1,20	1,17	1,15	1,12	1,10	1,08	1,07	1,06	1,04	1,03	1,00	0,97	0,95	0,92	0,89
83	1,40	1,37	1,35	1,33	1,30	1,28	1,25	1,22	1,20	1,19	1,14	1,13	1,11	1,10	1,09	1,07	1,04	1,02	0,99	0,96	0,95
82	1,45	1,43	1,40	1,38	1,35	1,33	1,30	1,27	1,24	1,22	1,19	1,17	1,16	1,14	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97
81	1,51	1,48	1,46	1,43	1,40	1,38	1,35	1,32	1,29	1,26	1,23	1,22	1,20	1,19	1,17	1,16	1,13	1,10	1,07	1,04	1,01
80	1,56	1,53	1,51	1,48	1,46	1,43	1,40	1,37	1,34	1,32	1,28	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,17	1,14	1,11	1,08	1,05
79	1,61	1,58	1,56	1,53	1,50	1,48	1,44	1,41	1,38	1,35	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,24	1,21	1,18	1,15	1,12	1,09
78	1,66	1,63	1,60	1,58	1,55	1,52	1,49	1,46	1,43	1,40	1,36	1,35	1,33	1,31	1,30	1,28	1,25	1,22	1,18	1,15	1,12
77	1,71	1,69	1,65	1,62	1,59	1,57	1,53	1,50	1,47	1,44	1,41	1,39	1,37	1,35	1,34	1,32	1,29	1,25	1,22	1,19	1,16
76	1,76	1,73	1,70	1,67	1,64	1,61	1,58	1,55	1,51	1,48	1,45	1,43	1,41	1,40	1,38	1,36	1,33	1,29	1,26	1,22	1,19
75	1,81	1,78	1,75	1,72	1,69	1,66	1,62	1,59	1,56	1,52	1,49	1,47	1,45	1,44	1,42	1,40	1,37	1,33	1,30	1,26	1,23
74	1,86	1,82	1,79	1,76	1,73	1,70	1,66	1,63	1,60	1,56	1,53	1,51	1,49	1,47	1,46	1,44	1,40	1,37	1,33	1,30	1,26
73	1,90	1,87	1,84	1,81	1,77	1,74	1,71	1,67	1,64	1,60	1,57	1,55	1,53	1,51	1,49	1,48	1,44	1,40	1,37	1,33	1,29
72	1,95	1,92	1,88	1,85	1,82	1,78	1,75	1,71	1,68	1,64	1,61	1,59	1,57	1,55	1,53	1,51	1,48	1,44	1,40	1,36	1,33
71	1,99	1,96	1,93	1,89	1,86	1,83	1,79	1,76	1,72	1,68	1,65	1,63	1,61	1,59	1,57	1,55	1,51	1,48	1,44	1,40	1,36
70	2,04	2,01	1,97	1,94	1,90	1,87	1,83	1,80	1,76	1,72	1,69	1,67	1,65	1,63	1,61	1,59	1,55	1,51	1,47	1,43	1,40
69	2,06	2,05	2,01	1,98	1,94	1,91	1,87	1,84	1,80	1,76	1,72	1,70	1,68	1,66	1,65	1,63	1,59	1,55	1,51	1,47	1,43
68	2,12	2,09	2,05	2,02	1,99	1,95	1,91	1,87	1,84	1,80	1,76	1,74	1,72	1,70	1,68	1,66	1,62	1,58	1,54	1,50	1,46
67	2,17	2,13	2,10	2,06	2,03	1,99	1,95	1,91	1,87	1,83	1,80	1,78	1,76	1,74	1,72	1,70	1,66	1,62	1,57	1,53	1,49
66	2,21	2,17	2,14	2,10	2,07	2,03	1,99	1,95	1,91	1,87	1,83	1,81	1,79	1,77	1,75	1,73	1,69	1,65	1,61	1,57	1,52
65	2,25	2,21	2,18	2,14	2,11	2,07	2,03	1,99	1,95	1,91	1,87	1,85	1,83	1,81	1,79	1,77	1,73	1,68	1,64	1,60	1,56
64	2,29	2,25	2,22	2,18	2,15	2,11	2,07	2,03	1,99	1,95	1,91	1,89	1,86	1,84	1,82	1,80	1,76	1,72	1,67	1,63	1,57
63	2,33	2,30	2,26	2,22	2,18	2,15	2,11	2,06	2,02	1,98	1,94	1,92	1,90	1,86	1,86	1,84	1,79	1,75	1,71	1,66	1,61
62	2,37	2,34	2,30	2,26	2,22	2,18	2,14	2,10	2,06	2,02	1,98	1,95	1,93	1,91	1,89	1,87	1,82	1,78	1,74	1,69	1,65
61	2,41	2,38	2,34	2,30	2,26	2,22	2,18	2,14	2,10	2,05	2,01	1,99	1,97	1,95	1,92	1,90	1,86	1,81	1,77	1,72	1,68
60	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,26	2,22	2,17	2,13	2,09	2,05	2,02	2,00	1,98	1,96	1,94	1,89	1,85	1,80	1,76	1,71
59	2,49	2,45	2,41	2,37	2,33	2,30	2,25	2,21	2,17	2,12	2,08	2,06	2,03	2,01	1,99	1,97	1,92	1,88	1,83	1,79	1,74
58	2,53	2,49	2,45	2,41	2,37	2,33	2,29	2,24	2,20	2,16	2,11	2,09	2,07	2,04	2,02	2,00	1,95	1,91	1,86	1,82	1,77
57	2,57	2,53	2,49	2,45	2,41	2,37	2,32	2,28	2,23	2,19	2,14	2,12	2,10	2,08	2,05	2,03	1,99	1,94	1,89	1,85	1,80
56	2,60	2,56	2,52	2,48	2,44	2,40	2,36	2,31	2,27	2,22	2,18	2,15	2,13	2,11	2,07	2,06	2,02	1,97	1,92	1,88	1,83
55	2,64	2,60	2,56	2,52	2,48	2,44	2,39	2,35	2,30	2,26	2,21	2,19	2,16	2,14	2,12	2,10	2,05	2,00	1,95	1,91	1,86
54	2,68	2,64	2,59	2,55	2,51	2,47	2,42	2,38	2,33	2,29	2,24	2,22	2,20	2,17	2,15	2,13	2,08	2,03	1,98	1,94	1,89
53	2,71	2,67	2,63	2,59	2,55	2,50	2,46	2,41	2,37	2,32	2,27	2,25	2,23	2,20	2,18	2,16	2,11	2,06	2,01	1,96	1,92
52	2,75	2,71	2,66	2,62	2,58	2,54	2,49	2,45	2,40	2,35	2,31	2,28	2,26	2,24	2,21	2,19	2,14	2,09	2,04	1,99	1,94
51	2,78	2,74	2,70	2,66	2,61	2,57	2,52	2,48	2,43	2,38	2,34	2,31	2,29	2,27	2,24	2,22	2,17	2,12	2,07	2,02	1,97
50	2,82	2,78	2,73	2,69	2,65	2,61	2,56	2,51	2,46	2,42	2,37	2,35	2,32	2,30	2,27	2,25	2,20	2,15	2,10	2,05	2,00
49	2,86	2,81	2,77	2,73	2,68	2,64	2,59	2,54	2,50	2,45	2,40	2,38	2,35	2,33	2,30	2,28	2,23	2,18	2,13	2,08	2,03
48	2,89	2,85	2,80	2,76	2,72	2,67	2,62	2,58	2,53	2,48	2,43	2,41	2,38	2,36	2,33	2,31	2,26	2,21	2,16	2,11	2,06

Anexo F

Contenido de anhídrido sulfuroso (SO_2) libre (mg/L) en vino tinto variedad Negra criolla de la procedencia de Tacna y Moquegua.

Días	T1 (15 mg/L)				T2 (30 mg/L)				T3 (45 mg/L)			
					Tacna							
1	15.00 ± 1.60	a	C		30.00 ± 1.62	a	B		45.00 ± 0.80	a	A	
44	6.40 ± 0.46	b	C		17.47 ± 0.46	b	B		32.80 ± 0.46	b	A	
82	6.13 ± 0.46	b	C		14.13 ± 0.46	c	B		27.47 ± 0.42	c	A	
113	5.87 ± 0.40	b	C		12.27 ± 0.00	d	B		23.53 ± 0.35	d	A	
167	5.13 ± 0.49	bc	C		11.20 ± 0.38	de	B		22.60 ± 0.44	de	A	
199	5.03 ± 0.29	bc	C		10.07 ± 0.46	ef	B		21.30 ± 0.12	ef	A	
231	4.97 ± 0.46	bc	C		9.87 ± 0.46	ef	B		20.73 ± 0.46	f	A	
259	4.27 ± 1.60	c	C		9.33 ± 1.62	f	B		18.93 ± 0.80	g	A	
					Moquegua							
1	15.00 ± 0.20	a	C		30.00 ± 0.42	a	B		45.00 ± 1.03	a	A	
29	14.00 ± 0.20	a	C		28.33 ± 0.80	b	B		40.87 ± 0.42	b	A	
67	11.60 ± 0.40	b	C		25.60 ± 0.42	c	B		36.33 ± 0.31	c	A	
98	9.80 ± 0.64	c	C		23.67 ± 1.39	d	B		31.07 ± 0.87	d	A	
152	8.13 ± 0.31	d	C		16.80 ± 1.22	e	B		26.40 ± 0.42	e	A	
184	7.13 ± 0.12	de	C		14.67 ± 0.23	f	B		23.67 ± 0.53	f	A	
216	5.73 ± 0.31	e	C		14.27 ± 0.25	f	B		22.40 ± 0.45	fg	A	
244	3.47 ± 0.20	f	C		13.77 ± 0.42	f	B		21.03 ± 1.03	g	A	

Nota: Promedio ± desviación estándar (triplicado). Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre las distintas fechas de muestreo. Letras mayúsculas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tukey test, $p < 0,05$).

Anexo G

Contenido de anhídrido carbónico (g/L) en vino tinto variedad Negra criolla de la procedencia de Tacna y Moquegua.

Días	T1 (15 mg/L)			T2 (30 mg/L)			T3 (45 mg/L)		
				Tacna					
44	0,16 ± 0,14	a	A	0,26 ± 0,01	a	A	0,30 ± 0,04	a	A
82	0,24 ± 0,01	a	A	0,16 ± 0,14	a	A	0,28 ± 0,06	a	A
113	0,08 ± 0,13	a	A	0,08 ± 0,14	a	A	0,24 ± 0,01	a	A
167	0,08 ± 0,14	a	A	0,16 ± 0,14	a	A	0,24 ± 0,01	a	A
199	0,00 ± 0,00	a	A	0,08 ± 0,14	a	A	0,24 ± 0,01	a	A
231	0,00 ± 0,00	a	A	0,00 ± 0,00	a	A	0,08 ± 0,14	a	A
259	0,00 ± 0,00	a	A	0,08 ± 0,14	a	A	0,15 ± 0,13	a	A
				Moquegua					
29	0,34 ± 0,01	a	A	0,32 ± 0,02	a	A	0,36 ± 0,02	a	A
67	0,32 ± 0,02	ab	A	0,30 ± 0,03	a	A	0,34 ± 0,02	a	A
98	0,31 ± 0,04	ab	A	0,31 ± 0,01	a	A	0,33 ± 0,01	a	A
152	0,26 ± 0,01	ab	A	0,29 ± 0,03	a	A	0,30 ± 0,04	a	A
184	0,26 ± 0,04	ab	A	0,24 ± 0,02	a	A	0,30 ± 0,03	a	A
216	0,24 ± 0,01	b	A	0,24 ± 0,01	a	A	0,27 ± 0,03	a	A
244	0,08 ± 0,13	c	B	0,24 ± 0,01	a	A	0,27 ± 0,03	a	A

Nota: Promedio ± desviación estándar (triplicado). Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre las distintas fechas de muestreo. Letras mayúsculas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tukey test, $p < 0,05$). Cabe indicar que dicha evaluación se realizó en la segunda fecha de análisis.

Anexo H

Fotografías de las actividades desarrolladas en laboratorio

Foto 1

Preparación de las muestras de vino procedentes de Moquegua y Tacna para los análisis químicos en laboratorio.



Foto 2

Determinación del pH y del contenido de anhídrido de carbono en las muestras de vino.



Foto 3

Determinación de oxígeno disuelto (O_2) en muestras de vino utilizando el equipo marca HANNA.



Foto 4

Equipo utilizado para la determinación de anhídrido sulfuroso (SO_2) libre y total mediante el método de aspiración.

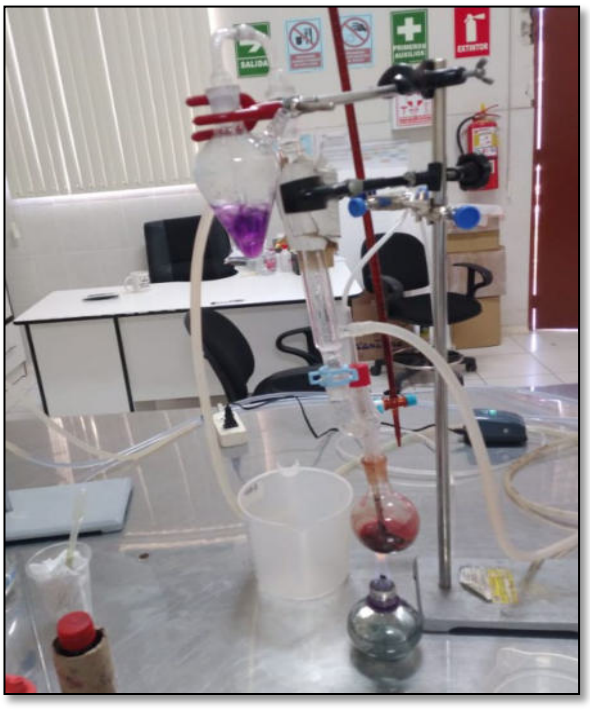


Foto 5

Proceso de determinación de SO_2 libre por el método de aspiración, viraje de color como indicador final.



Foto 6

Equipo de laboratorio empleado para la determinación de acidez volátil según el método de García Tena.



Foto 7

Muestras acondicionadas para su evaluación durante el análisis sensorial.



Foto 8

Desarrollo del análisis sensorial de vinos de Moquegua y Tacna en cabinas sensoriales acondicionadas bajo condiciones controladas.



Foto 9

Participación de estudiantes en las sesiones de análisis sensorial realizadas con muestras de vino procedentes de Moquegua y Tacna.



FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : Eluis Juan Ventura Flores
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 47050706
Correo electrónico : EV36046@gmail.com
Teléfono/Celular : 916478127

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : Impacto del consumo de Anhídrido sulfuroso y oxígeno en vino tinto variedad negra criolla en la calidad sensorial y química durante el almacenamiento en botella.
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.11.01
c) Fecha de publicación : 18 diciembre del 2025

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : Erick Manuel Saldaña Villa
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 45469129
c) ORCID : 0000-0002-4018-2852

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 47050706
NOMBRES Y APELLIDOS : Elvis Juan Ventura Flores

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 47050706

NOMBRES Y APELLIDOS : Elvis Juan Ventura Flores

FECHA : 24 de Marzo del 2026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, Elvis Juan Ventura Flores,
bachiller de la Escuela Profesional de: Ingeniería Agroindustrial,
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI Nº 47050706, autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional, denominado:
Impacto del consumo de anhídrido sulfuroso y oxígeno en vino tinto variedad negra criolla en la calidad sensorial y química durante el almacenamiento en botella.

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que, el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 24 de Marzo del 2026

Huella digital

Nombres y Apellidos: Elvis Juan Ventura Flores
DNI: 47050706

INFORME_TESIS_VINO _ALMACENAMIENTO EN BOTELLA _ VINO VARIEDAD NEGRA_CRIOLLA 2025 (1) F.pdf

PROYECTOS ERICK SALDAÑA

PROYECTOS ERICK SALDAÑA

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::20208:570371951

Fecha de entrega
23 mar 2026, 12:33 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
23 mar 2026, 12:45 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
INFORME_TESIS_VINO _ALMACENAMIENTO EN BOTELLA _ VINO VARIEDAD NEGRA_CRIOLLA 2025 ....pdf

Tamaño del archivo
2.9 MB

93 páginas

26.605 palabras

139.361 caracteres

UNAM UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por SALDAÑA VILLA Erick Manuel FAU 20449347448 soft
Fecha: 2026.03.23 12:47:51 -05'00'

18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

16% Fuentes de Internet
7% Publicaciones
9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

16% Fuentes de Internet
7% Publicaciones
9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net <1%
2	Internet	theses.hal.science <1%
3	Internet	uvadoc.uva.es <1%
4	Internet	www.tdx.cat <1%
5	Internet	core.ac.uk <1%
6	Internet	tertuliasculinarias.blogspot.com <1%
7	Internet	www.microcaos.net <1%
8	Internet	www.coursehero.com <1%
9	Internet	dialnet.unirioja.es <1%
10	Internet	digital.csic.es <1%
11	Internet	www.investigo.biblioteca.uvigo.es <1%

12	Internet	
rodin.uca.es		<1%
13	Publicación	
Ambreen, Mubarak Ali Khan, Afzal Raza, Reema Yousaf et al. "Impact of Zinc oxid...		<1%
14	Internet	
helvia.uco.es		<1%
15	Internet	
pt.scribd.com		<1%
16	Internet	
repositorio.chapingo.edu.mx		<1%
17	Internet	
www.enologo.cl		<1%
18	Internet	
zaguan.unizar.es		<1%
19	Internet	
repositorio.unam.edu.pe		<1%
20	Publicación	
Luis M. Anaya-Esparza, María D. Méndez-Robles, Sonia G. Sayago-Ayerdi, María de...		<1%
21	Internet	
html.rincondelvago.com		<1%
22	Internet	
repositorio.udec.cl		<1%
23	Internet	
mro.massey.ac.nz		<1%
24	Internet	
www.vitiviniccultura.cl		<1%
25	Internet	
idus.us.es		<1%

26 Internet
ouci.dntb.gov.ua <1%

27 Trabajos entregados
Universidad Nacional Federico Villarreal on 2025-02-04 <1%

28 Internet
cia.uagraria.edu.ec <1%

29 Internet
enofilosandaluces.blogspot.cl <1%

30 Trabajos entregados
Wageningen University on 2023-01-23 <1%

31 Internet
www.theses.fr <1%

32 Internet
bdigital.uncu.edu.ar <1%

33 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2018-11-27 <1%

34 Internet
infowine.com <1%

35 Internet
unam.edu.pe <1%

36 Internet
www.mdpi.com <1%

37 Internet
es.scribd.com <1%

38 Internet
repositorio.uccuyo.edu.ar <1%

39 Internet
repositorio.upct.es <1%

40 Internet
25.bdigital.uncu.edu.ar <1%

41 Internet
biblioteca.unirioja.es <1%

42 Internet
repositorio.unal.edu.co <1%

43 Trabajos entregados
Cranbrook School on 2024-06-16 <1%

44 Trabajos entregados
Pontificia Universidad Católica de Chile on 2025-07-11 <1%

45 Internet
dspace.uevora.pt <1%

46 Internet
www.infowine.com <1%

47 Internet
repozitorij.pbf.unizg.hr <1%

48 Trabajos entregados
UDELAS: Universidad Especializada de las Americas Panama on 2025-11-27 <1%

49 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2019-01-26 <1%

50 Internet
apirepositorio.unh.edu.pe <1%

51 Internet
gredos.usal.es <1%

52 Trabajos entregados
ucss on 2024-06-15 <1%

53 Internet
www.elfarmaceutico.es <1%

54 Publicación
Aastha Dewan, Sharath Kumar Nagaraja, Sangeeta Yadav, Priya Bishnoi et al. "Ad... <1%

55 Publicación
Juan Alberto Anaya Martínez. "Efecto de la aplicación de copigmentos vegetales s... <1%

56 Publicación
ANTONIO GÓMEZ PÉREZ. "EFECTO DE LA MICROOXIGENACIÓN, LA CRIANZA SOBR... <1%

57 Trabajos entregados
Plumpton College on 2025-05-12 <1%

58 Trabajos entregados
Universidad de León on 2024-07-15 <1%

59 Internet
accedacris.ulpgc.es <1%

60 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2018-11-29 <1%

61 Trabajos entregados
Universidad de Burgos UBUCEV on 2020-05-26 <1%

62 Trabajos entregados
Universidad de Caldas on 2025-10-10 <1%

63 Internet
cdn.www.gob.pe <1%

64 Internet
idoc.pub <1%

65 Internet
llibres.urv.cat <1%

66 Internet
repositorio.uchile.cl <1%

67 Internet
ri-ng.uaq.mx <1%

68 Trabajos entregados
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann on 2025-12-19 <1%

69 Trabajos entregados
Universidad Privada del Norte on 2025-11-28 <1%

70 Internet
dokumen.tips <1%

71 Internet
revistas.ucr.ac.cr <1%

72 Internet
www.theibfr.com <1%

73 Internet
José Aleixandre Tudo. "EFECTO DE LA ADICIÓN DE COPIGMENTOS SOBRE LA COM... <1%

74 Trabajos entregados
Pontificia Universidad Católica de Chile on 2025-11-21 <1%

75 Trabajos entregados
Universidad Internacional de la Rioja on 2019-09-10 <1%

76 Internet
academica-e.unavarra.es <1%

77 Internet
bibliotecavirtual.aragon.es <1%

78 Internet
doku.pub <1%

79 Internet
eprints.uanl.mx <1%

80 Internet
www.utupub.fi <1%

81 Trabajos entregados
Nelson Marlborough Institute of Technology on 2022-11-15 <1%

82 Trabajos entregados
Universidad Internacional de la Rioja on 2024-12-17 <1%

83 Trabajos entregados
University of Southern Queensland on 2019-08-21 <1%

84 Internet
eprints.ucm.es <1%

85 Internet
repositorio.uc.cl <1%

86 Internet
repositorio.ucam.edu <1%

87 Internet
vitela.javerianacali.edu.co <1%

88 Internet
www.grafiati.com <1%

89 Publicación
Benito Lopez, Diannett. "Análisis de los canales de comercialización y demanda p... <1%

90 Trabajos entregados
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca on 2025-09-29 <1%

91 Publicación
Frédéric Duhart, Pablo Lacoste. "Cambios del gusto y de las migraciones durante ... <1%

92 Publicación
Garín Catalán, Jaime Ignacio. "Efecto a Corto Plazo del Establecimiento de Cultivo... <1%

93 Internet
diva-portal.org <1%

94 Internet
repositorio.unah.edu.pe <1%

95 Trabajos entregados
ITESM: Instituto Tecnologico y de Estudios Superiores de Monterrey on 2025-12-03 <1%

96 Internet
dspace.espoch.edu.ec <1%

97 Internet
investigacion.unirioja.es <1%

98 Internet
repositorio.unach.edu.pe <1%

99 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-12-12 <1%

100 Trabajos entregados
Universidad TecMilenio on 2024-01-27 <1%

101 Trabajos entregados
Universidad Tecnologica de los Andes on 2025-10-09 <1%

102 Trabajos entregados
Universidad de Burgos UBUCEV on 2024-07-16 <1%

103 Trabajos entregados
Universidad Pública de Navarra on 2024-08-01 <1%

104 Trabajos entregados
Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC on 2026-03-17 <1%

105 Trabajos entregados
Universidade Nova De Lisboa on 2024-12-02 <1%

106 Internet
www.medicalexpo.es <1%

107 Internet
www.revistas.uma.es <1%

108 Trabajos entregados
The University of Texas at Arlington on 2023-08-16 <1%

109 Trabajos entregados
Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo on 2026-03-17 <1%

110 Trabajos entregados
Universidad Rey Juan Carlos on 2022-11-14 <1%

111 Trabajos entregados
Universidad de Cádiz on 2022-04-21 <1%

112 Trabajos entregados
Universidad del Valle de Guatemala on 2026-03-03 <1%

113 Trabajos entregados
Universitat Politècnica de València on 2025-07-05 <1%

114 Internet
cestashop.com <1%

115 Internet
repositorio.unap.edu.pe <1%

116 Internet
tesis.usat.edu.pe <1%

117 Internet
vbook.pub <1%

118 Internet
www.newmyroyals.com <1%

119 Publicación
Caceres Bustinza, Lycet Maria. "Evaluación del efecto de residuos de ciprofloxacin... <1%

120 Publicación
Ortiz-Barrera, Eunice, Víctor Macías-Carranza, and Alejandro Cabello-Pasini. "Prec... <1%

121 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2022-05-27 <1%

122 Trabajos entregados
Universidad Tecnologica de los Andes on 2025-12-10 <1%

123 Internet
dgsa.uaeh.edu.mx:8080 <1%

124 Internet
repositorio.ugto.mx <1%

125 Internet
romanianjournalofhorticulture.ro <1%

126 Internet
ru.dgb.unam.mx <1%

127 Internet
ruidera.uclm.es <1%

128 Internet
vinoteca.online <1%

129 Internet
www.erudit.org <1%

130 Publicación
ANDREINA STEFANI LEAL. "Desarrollo de Vino espumante de naranja (var. Valenci... <1%

131 Publicación
Ariel Cuadro, Galia Leibovici, Cesar Daniel Costa-Ball. "Diferencias en las atribucio... <1%

132 Trabajos entregados
Consorcio CIXUG on 2022-06-02 <1%

133 Publicación
Serra Delgado, Mariona. "Efecto de la administración posnatal de Epigalocatequi... <1%

134 Trabajos entregados
Sociedad Educacional St. Andrews SAS on 2024-12-06 <1%

135 Trabajos entregados
Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote on 2017-01-25 <1%

136 Trabajos entregados
Universidad Internacional Isabel I de Castilla on 2018-04-26 <1%

137 Trabajos entregados
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2025-03-23 <1%

138 Publicación
Xu Zhao, Chang-Qing Duan, Si-Yu Li, Xin-Ke Zhang, Hong-Yue Zhai, Fei He, Yu-Ping... <1%

139 Internet
agro.unc.edu.ar <1%

140 Internet
e-spacio.uned.es <1%

141 Internet
es.hopelandrfid.com <1%

142 Internet
hal.science <1%

143 Internet
patents.google.com <1%

144 Internet
redi.anii.org.uy <1%

145 Internet
repositorio.ucsg.edu.ec <1%

146 Internet
sedici.unlp.edu.ar <1%

147 Internet
tel.archives-ouvertes.fr <1%

148 Internet
vinos55.rssing.com <1%

149 Internet
www.cchen.cl <1%

150 Internet
www.cienciayeducacion.com <1%

151 Internet
www.researchgate.net <1%

152 Publicación
A. N. Conejo, R. Torres, E. Cuellar. "Análisis industrial de la reducción del óxido de ... <1%

153 Trabajos entregados
Agricultural University of Athens on 2023-03-21 <1%

154 Trabajos entregados
CONACYT on 2018-05-15 <1%

155 Trabajos entregados
FUNIBER on 2026-02-25 <1%

156 Publicación
Gonza Tique, Fernando Misael. "Análisis de la transferencia de masa de oxígeno p... <1%

157 Trabajos entregados
ICTS on 2025-12-07 <1%

158 Publicación
José Alba Martínez. "Nuevas herramientas para la valoración del impacto visual s... <1%

159 Publicación
Laura Otero, Lucía del Prado, Antonio Morata. "Innovative Applications of High H... <1%

160 Publicación
Laura Settier Ramírez. "Envases activos portadores de microorganismos para la b... <1%

161 Trabajos entregados
Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2018-02-15 <1%

162 Publicación
Potter, Rachel Isabel. "The Application of the Electronic Tongue for the Assessme... <1%

163 Publicación
R. C. Reis, A. M. Ramos, A. J. Regazzi, V. P. R. Minim, P. C. Stringueta. "ALMACENAM... <1%

164 Trabajos entregados
Saint Joseph's Institution, Singapore on 2024-04-11 <1%

165 Trabajos entregados
Universidad Catolica San Antonio de Murcia on 2025-05-27 <1%

166 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2018-09-06 <1%

167 Trabajos entregados
Universidad Nacional Agraria La Molina on 2026-01-09 <1%

168 Trabajos entregados
Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo on 2025-12-26 <1%

169 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-03-27 <1%

170 Trabajos entregados
Universidad Nacional del Santa on 2018-11-20 <1%

171 Trabajos entregados
Universidad de Cádiz on 2019-01-15 <1%

172 Trabajos entregados
Vrije Universiteit Brussel on 2011-06-03 <1%

173 Internet
air.unimi.it <1%

174 Internet
alicia.concytec.gob.pe <1%

175 Internet
ciatej.repositorioinstitucional.mx <1%

176 Internet
cvneblog.com <1%

177 Internet
dspace.utalca.cl <1%

178 Internet
es.slideshare.net <1%

179 Internet
huru.unsj.edu.ar <1%

180 Internet
nanopdf.com <1%

181 Internet
redepapa.org <1%

182 Internet
repositorio.uns.edu.pe <1%

183 Internet
repositorium.uminho.pt <1%

184 Internet
revistas.uach.cl <1%

185 Internet
sqm.org.mx <1%

186 Internet
ucv.altavoz.net <1%

187 Internet
www.acenologia.com <1%

188 Internet
www.alipso.com <1%

189 Internet
www.burgundy-report.com <1%

190 Internet
www.mayoclinic.org <1%

191 Internet
www.spedmjournal.com <1%

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 361-2026-CU

Moquegua, 21 de mayo de 2026

VISTOS:

La Resolución de Consejo de Facultad N° 141-2026-CF-FAIN-UNAM, emitida por la Decana de la Facultad de Ingenierías; el Informe N° D0273-2026-UNAM-R-FAIN, emitida por la Decana de la Facultad de Ingenierías, el Informe Técnico N° D0062-2026-SG-GT, emitido por la Especialista Administrativo II de Grados y Títulos; el Informe N° D0255-2026-UNAM-R-SG, emitido por el Secretario General de la UNAM; el Proveído N° 2393-2026-R, emitido por el señor Rector; el Acuerdo del Pleno del Consejo Universitario de Sesión Extraordinaria N° 22-2026-SE-CU-UNAM, de fecha 20 de mayo de 2026; y,

CONSIDERANDO:

Que, conforme al 4to párrafo del artículo 18, de la Constitución Política del Perú, dispone que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico. Y el artículo 8° de la Ley N° 30220-Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y demás normativa aplicable. Concordante con el artículo 1, de la Ley N° 31520, Ley que restablece la autonomía y la institucionalidad de las universidades peruanas, así como la Ley N° 32141, Ley que modifica la Ley N° 30220-Ley Universitaria, a fin de fortalecer la institucionalidad de las Universidades Públicas licenciadas;

Que, el Artículo 58, de la Ley N° 30220-Ley Universitaria, establece que el Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la Universidad. Concordante con el artículo 18° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado bajo Resolución de Asamblea Universitaria N° 015-2025-AU-UNAM;

Que, el artículo 59 de la Ley Universitaria-Ley N° 30220, establece las atribuciones del Consejo Universitario, y específicamente el numeral 59.9, establece; Conferir los grados académicos y los títulos profesionales aprobados por las Facultades y Escuela de Posgrado, así como otorgar distinciones honoríficas y reconocer y revalidar los estudios, grados y títulos de universidades extranjeras, cuando la universidad está autorizada por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria. Concordante con el numeral 14, del artículo 20° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, mediante Resolución de Asamblea Universitaria N° 006-2026-AU, de fecha 20 de abril de 2026, se aprobó la incorporación de la Disposición Transitoria N° 22 al Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, referido a la excepción para la emisión de los grados académicos de bachiller y títulos profesionales consignando la denominación de "Facultad de Ingeniería y Arquitectura";

Que, mediante la Resolución de Consejo de Facultad N° 141-2026-CF-FAIN-UNAM, de fecha 30 de abril de 2026, el Consejo de Facultad de Ingenierías aprobó el otorgamiento del Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, por la modalidad de Tesis, a un (01) Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua, de acuerdo al siguiente detalle: ELVIS JUAN VENTURA FLORES;

Que, mediante Informe N° D0273-2026-UNAM-R-FAIN, de fecha 06 de mayo de 2026, la Decana de la Facultad de Ingenierías, remite a Secretaria General la Resolución de Consejo de Facultad N° 141-2026-CF-FAIN-UNAM, de fecha 30 de abril de 2026;

Que, mediante Informe Técnico N° D0062-2026-SG-GT de fecha 13 de mayo de 2026, e Informe N° D0255-2026-UNAM-R-SG de fecha 15 de mayo de 2026, el Secretario General de la UNAM, remite al Rectorado el expediente para el trámite de Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial al Bachiller: ELVIS JUAN VENTURA FLORES de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, quien se encuentra apto para la expedición del Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios, exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, razón por la cual, el señor Secretario General incluye dicho expediente como punto de agenda para ser tratado en Sesión Extraordinaria de Consejo Universitario de fecha 20 de mayo de 2026;

Que, el artículo 44° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...). Asimismo, la Ley N° 31803, modifica el artículo en mención adicionando; La Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) determina los criterios, así como establece y supervisa el procedimiento administrativo para el reconocimiento de grados y títulos otorgados en el extranjero, en el marco de la normativa vigente;

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, precisa los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Domicilio Legal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 361-2026-CU

Moquegua, 21 de mayo de 2026

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410; 453 y 890-2022, N° 880-2023-UNAM y N° 081, 484-2024-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Que, bajo el amparo de los considerandos precedentes, el Pleno del Consejo Universitario en Sesión Extraordinaria N° 22-2026-SE-CU-UNAM, de fecha 20 de mayo de 2026, emitió, el siguiente, Acuerdo, POR UNANIMIDAD: CONFERIR, a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial por la modalidad de Tesis al Bachiller: ELVIS JUAN VENTURA FLORES, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua;

En uso de las facultades y atribuciones conferidas por el Art. 18, de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 30220 Ley Universitaria, el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, y a lo acordado por el pleno del Consejo Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: CONFERIR, A NOMBRE DE LA NACIÓN al Bachiller

- **ELVIS JUAN VENTURA FLORES**

El **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL.**

Por la modalidad de TESIS, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 2°: ENCARGAR, al Secretario General de la UNAM, para que realice las acciones pertinentes relacionadas con la inscripción correspondiente en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

ARTÍCULO 3°: DISPONER, el cumplimiento de la presente Resolución a todas las dependencias de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 4°: DISPONER la publicación de la presente resolución en el Portal Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua www.unam.edu.pe

REGÍSTRESE, PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE;

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA SECRETARÍA GENERAL

MTRO. JOSE LUIS PACHECO CACERES
SECRETARIO GENERAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA CONSEJO UNIVERSITARIO

DR. HUGO RUBEN MARCA MAQUERA
RECTOR
PRESIDENTE DEL CONSEJO UNIVERSITARIO

DISTRIBUCION:
VRA,
VRI,
FAIN,
EPIA,
OyT,
DASA,
OTI
Interesado,
C.c. Arch.

Domicilio Legal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe