UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

COMPOSICIÓN VOLÁTIL Y PERFIL SENSORIAL DE PISCOS PUROS Y ACHOLADOS

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. Jose Carlos Velasquez Nina

ASESOR:

Dr. Erick Manuel Saldaña Villa

CO-ASESOR:

Dr. Cesar Augusto Napa Almeyda

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Ciencia sensorial y del consumidor para el desarrollo de nuevos alimentos

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

MOQUEGUA – PERÚ

2026

UNAM UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por SALDAÑA VILLA Erick Manuel FAU 20449347448 soft
Fecha: 2026.07.24 15:52:29 -05'00'

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Folio N° 73

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:

R.F. N° 214-2024-FACIA-UNAM

Fecha: 30/10/2024

III. Documento de aprobación para la sustentación:

R.C.F. N° 308-2026-CF-FAIN-UNAM

Fecha: 30/06/2026

El Jurado ha dictaminado la (el) TESIS

TITULADO: "COMPOSICIÓN VOLATIL Y PERFIL SENSORIAL DE PISCOS PUROS Y ACHOLADOS"

Bachiller: JOSE CARLOS VELASQUES NINA

Asesor Principal: DR. ERICK MANUEL SALDAÑA VILLA

Co-Asesor: DR. CESAR AUGUSTO NAPA ALMEYDA

V. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: TRECE (13) por lo que; Sí [X] No [ ]

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

Siendo las 14:00 horas, del 21 de JULIO del año 2026 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente Elías Escobedo Pacheco (Nombres y Apellidos)	Primer Miembro Nils Leander Huaman Castilla. (Nombres y Apellidos)	Segundo Miembro (Nombres y Apellidos)
Asesor Principal Erick Manuel Saldaña Villa (Nombres y Apellidos)	Miembro Accesitario Cla Dayci Sucsi Colcana (Nombres y Apellidos)	Co-Asesor César A. Napa Almeyda. (Nombres y Apellidos)
	Bachiller Jose Carlos Velasquez Nina (Nombres y Apellidos)	

DEDICATORIA

A Dios, en primer lugar; a mis padres, por su amor y apoyo incondicional; a mis mentores, por su guía y sabiduría; y a todas las personas que valoran el pisco como símbolo de nuestra cultura.

A Crisel y Anabel por ser motivo de ayuda y superación en momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para concluir este trabajo. Sin su guía y su amor, este logro no habría sido posible. A él le dedico cada esfuerzo y cada aprendizaje obtenido durante este proceso.

A mis padres, por su apoyo incondicional y por ser mi fuente de fortaleza en cada paso de este camino. Su amor y su confianza han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A mis docentes y mentores, en especial a mi asesor de tesis, Dr. Erick Manuel Saldaña Villa, por su paciencia, su orientación y por compartir su conocimiento. Sus enseñanzas y consejos me ayudaron a superar los desafíos de esta investigación, a crecer profesionalmente y a abrazar este mundo de la investigación. De igual modo, agradezco al Dr. César Napa por su coasesoría y su amplia experiencia en nuestro destilado nacional, el Pisco.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los docentes e investigadores de la Universidad Nacional de Moquegua (UNAM) por su invaluable apoyo, guía y dedicación durante la realización de este trabajo, así como por los conocimientos brindados durante la etapa académica.

A la Universidad Nacional de Moquegua, por el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación, enmarcada en el proyecto especial Interacciones olfato-gustativas responsables de la calidad aromática del Pisco, con resolución de la comisión organizadora N.° 352 2022 UNAM.

A los diferentes profesionales por su disposición y colaboración en los respectivos análisis de muestras, en el uso de laboratorios y en la orientación del proyecto, los cuales fueron fundamentales para el progreso de este trabajo, ya que me facilitaron el acceso a los recursos y las orientaciones necesarias para avanzar en la investigación. A Crisel y Anabel por ser motivo de superación.

A Yessica y Nanci, por el tiempo brindado en la elaboración de esta tesis, por motivarme en cada paso y por su amistad y colaboración.

RESUMEN

El presente estudio caracterizó la composición volátil, el perfil sensorial y la aceptación hedónica de piscos puros y acholados elaborados con uvas de las variedades Italia (aromática) y Negra Criolla (no aromática) procedentes de la bodega Biondi e Hijos (cosecha 2019, Moquegua, Perú). Fueron prepararados cinco tratamientos, según la mezcla volumétrica de pisco no aromático (PNA) y pisco aromático (PA), en las proporciones 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0 (T1 a T5). Los compuestos volátiles se analizaron mediante microextracción en fase sólida en el espacio de cabeza acoplada a cromatografía de gases con espectrometría de masas (HS-SPME-GC-MS). Se perfilaron sensorialmente las muestras mediante el método Free Comment con 106 consumidores y la aceptación fue medida con una escala hedónica de 9 puntos. Esto generó 55 descriptores sensoriales, distribuidos en 22 olfativos y 33 gustativos. Se identificaron 47 compuestos volátiles, de los cuales 35 mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Las mezclas intermedias mostraron un comportamiento no lineal en el que el dodecanoato de etilo, el tetradecanoato de etilo y la β-damascenona alcanzaron concentraciones máximas en T2 (PNA 25 %, PA 75 %), por encima de las registradas en cualquiera de los componentes puros. El pisco aromático puro (T1) concentró monoterpenos característicos de la variedad Italia, mientras que la mezcla T2 presentó los valores máximos de linalool y de geraniol. El pisco no aromático puro (T5) se asoció con descriptores herbáceos y con una sensación quemante significativa en boca (G quemante, $p \leq 0,001$), y los tratamientos con mayor proporción de PNA presentaron atributos herbáceos. La aceptación sensorial no mostró diferencias significativas entre los tratamientos (medias de 5,3 a 5,6; $p > 0,05$). La correlación de Spearman identificó los compuestos asociados al perfil descriptivo, con monoterpenos vinculados a notas florales y ésteres de cadena media a notas frutales, mientras que ningún compuesto volátil ni descriptor sensorial presentó correlación significativa con la aceptación hedónica del consumidor ($p > 0,05$). Las mezclas binarias evaluadas modificaron la composición volátil y el perfil descriptivo del pisco sin alterar la aceptación global del consumidor moqueguano.

Palabras clave: Negra Criolla; Italia; pisco puro; pisco acholado; compuestos volátiles; aceptación sensorial; Free Comment.

ABSTRACT

This study characterized the volatile composition, sensory profile, and hedonic acceptance of pure and blended (acholado) piscos produced from Italia (aromatic) and Negra Criolla (non-aromatic) grape varieties grown at the Biondi e Hijos winery (2019 harvest, Moquegua, Peru). Five treatments were prepared by volumetric blending of aromatic pisco (AP) and non-aromatic pisco (NAP) at ratios of 0:100, 25:75, 50:50, 75:25, and 100:0 (T1 to T5). Volatile compounds were analyzed by headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography–mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). The samples were sensory-profiled using the Free Comment method with 106 consumers, and acceptance was measured on a 9-point hedonic scale. This generated 55 sensory descriptors, 22 olfactory, and 33 taste-related. Forty-seven volatile compounds were identified, of which 35 differed significantly among treatments ($p < 0.05$). The intermediate blends showed nonlinear behavior, with ethyl dodecanoate, ethyl tetradecanoate, and β-damascenone reaching maximum concentrations at T2 (NAP 25%, AP 75%), exceeding the levels recorded for either pure component. Pure aromatic pisco (T1) concentrated the monoterpenes characteristic of the Italia variety, whereas blend T2 showed the highest values of linalool and geraniol. Pure non-aromatic pisco (T5) was associated with herbaceous descriptors and a significant burning mouthfeel (burning T, $p \leq 0.001$), and treatments with a higher NAP proportion presented herbaceous attributes. Sensory acceptance did not differ significantly among treatments (means between 5.3 and 5.6; $p > 0.05$). Spearman's correlation identified compounds associated with the descriptive profile, with monoterpenes linked to floral notes and medium-chain esters to fruity notes, while no volatile compound or sensory descriptor showed a significant correlation with consumer hedonic acceptance ($p > 0.05$). The binary blends evaluated modified the volatile composition and descriptive profile of the pisco without altering the overall acceptance by consumers in Moquegua.

Keywords: Negra Criolla; Italia; pure pisco; blended pisco (*acholado*); volatile compounds; sensory acceptance; Free Comment..

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN **14**

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **16**

1.1. Descripción de la realidad problemática 16

1.2. Formulación del problema de investigación 18

1.2.1. Interrogante general 18

1.2.2. Interrogantes específicas 18

1.3. Objetivos 19

1.3.1. Objetivo general 19

1.3.2. Objetivos específicos 19

1.4. Justificación e importancia 19

1.5. Hipótesis 21

1.5.1. Hipótesis general 21

1.5.2. Hipótesis específicas 21

1.6. Variables 22

1.6.1. Variables independientes 22

1.6.2. Variables dependientes 22

1.6.3. Operacionalización de variables 22

II. MARCO TEÓRICO **23**

2.1. Antecedentes 23

2.2. Bases teóricas 29

2.2.1. Pisco 29

2.2.2. Producción de pisco 30

2.2.3. Uvas pisqueras 31

2.2.4. Zonas pisqueras del Perú 31

2.2.5. Clasificación de piscos 33

2.2.6. Composición de pisco 33

2.2.7. Elaboración de pisco 47
2.2.8. Análisis sensorial 51
2.2.9. Free Comment 56
2.3. Definición de términos 62
III. METODOLOGÍA 65
3.1. Tipo y nivel de investigación 65
3.2. Ámbito temporal y espacial 65
3.3. Población y muestra 66
3.4. Instrumentos 66
3.5. Procedimientos 66
3.5.1. Preparación de las muestras 68
3.5.2. Preparación del pisco para los análisis 68
3.5.3. Análisis sensorial 70
3.5.4. Free Comment 72
3.6. Análisis de datos 73
3.6.1. Análisis estadístico de los compuestos volátiles 74
3.6.2. Análisis estadístico de los datos del Free Comment 75
3.6.3. Análisis estadístico de los datos de aceptación 79
3.6.4. Correlación entre compuestos volátiles y atributos sensoriales 79
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES 84
4.1. Composición de compuestos volátiles 84
4.1.1. Análisis multivariado de la composición volátil 90
4.2. Perfil sensorial mediante Free Comment 95
4.2.1. Modalidad olfativa 95
4.2.2. Modalidad gustativa 98
4.2.3. Análisis multivariado del perfil sensorial 100
4.3. Aceptación sensorial 101

4.4. Correlación entre atributos sensoriales y compuestos volátiles 103
V. CONCLUSIONES 114
VI. RECOMENDACIONES 115
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 116
ANEXOS 131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables 22

Tabla 2. Variedades de uvas pisqueras 31

Tabla 3. Clasificación de piscos en función de su elaboración 33

Tabla 4. Compuestos volátiles presentes en el pisco 34

Tabla 5. Requisitos físicos y químicos del pisco 35

Tabla 6. Compuestos volátiles (mg/L) en los piscos con diferentes proporciones de pisco no aromático y pisco aromático 84

Tabla 7. Tabla de contingencia para la descripción olfativa de los piscos 97

Tabla 8. Tabla de contingencia para la descripción gustativa de los piscos 99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la producción de pisco 30

Figura 2. Zona geográfica de la Denominación de Origen Pisco 32

Figura 3. Esquema operativo del sistema de cromatografía de gases-espectrometría de masas……...37

Figura 4. Etapas de la microextracción en fase sólida en headspace (HS-SPME)..... 39

Figura 5. Orígenes, familias químicas y notas aromáticas de los compuestos volátiles del pisco 42

Figura 6. Diagrama de operaciones para la elaboración de pisco 48

Figura 7. Vías de la evaluación multisensorial durante la evaluación sensorial de bebidas 51

Figura 8. Clasificación de los métodos de análisis sensorial..... 53

Figura 9. Estructura conceptual del análisis multibloque con tres bloques de datos 58

Figura 10. Cadena causal del modelo SO-PLS-PM con descomposición de efectos ... 61

Figura 11. Esquema utilizado en la presente tesis 67

Figura 12. Protocolo de análisis sensorial de pisco..... 73

Figura 13. Procesamiento de los comentarios generados en el Free Comment..... 76

Figura 14. Estructura de la tabla de contingencia 76

Figura 15. Análisis de componentes principales (PCA) sobre los compuestos volátiles **…**……89

Figura 16. Mapa de calor con dendrograma de los compuestos volátiles de los piscos **…**……91

Figura 17. Análisis de correspondencias del perfil sensorial olfativo y gustativo 97

Figura 18. Evaluación de la aceptación sensorial de los piscos puros y acholados 99

Figura 19. Mapa de correlaciones de Spearman entre volátiles, descriptores y aceptación

..... 102

Figura 20. Contribución de los bloques químico, sensorial y aceptación a las dimensiones comunes del Análisis Factorial Múltiple 104

Figura 21. Red de correlaciones entre compuestos volátiles (GC-MS), descriptores sensoriales (Free Comment) y aceptación del consumidor 105

Figura 22. Modelo de mediación SO-PLS-PM..... 106

Figura 23. Mapas de superficie de respuesta de aceptación predicha 108

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha sensorial empleada en la evaluación del Free Comment……..127

Anexo 2. Ficha de evaluación aplicado a los consumidores 128

Anexo 3. Preparación de las muestras de pisco para el análisis sensorial 130

Anexo 4. Servido y codificación de las muestras durante la sesión sensorial..... 131

Anexo 5. Análisis sensorial de las muestras de Pisco..... 132

Anexo 6. Comité de ética e integridad científica para el desarrollo de tesis 133

Anexo 7. Pruebas de normalidad y homocedasticidad de los compuestos volátiles... 135

Anexo 8. Pruebas de normalidad y homocedasticidad de la aceptación sensorial 135

Anexo 9. Identificación de los compuestos volátiles del pisco mediante HS-SPME-GC-MS 137

Anexo 10. Concentraciones individuales por tratamiento y réplica (mg/L)..... 139

Anexo 11. Estadística descriptiva de los compuestos volátiles por tratamiento..... 140

Anexo 12. Análisis de varianza (ANOVA) por compuesto volátil..... 142

Anexo 13. Serie homóloga de n-alcanos C8–C30 empleada en la calibración del índice de retención..... 142

Anexo 14. Modelo de regresión lineal del tiempo de retención frente al número de carbonos (RT vs nC) 144

Anexo 15. Descripción de los cinco tratamientos evaluados según proporción de PNA y PA 145

Anexo 16. Tabla de contingencia de las frecuencias observadas de cada descriptor gustativo por tratamiento 145

Anexo 17. Tabla de contingencia de las frecuencias observadas de cada descriptor olfativo por tratamiento 146

INTRODUCCIÓN

El pisco es una bebida alcohólica destilada reconocida como un producto representativo y patrimonial del Perú, con un gran valor cultural e histórico (Saldaña et al., 2025). Su elaboración, basada en la destilación de mostos frescos fermentados de uvas, le confiere una identidad única que lo distingue de otros destilados por su complejidad aromática y sus perfiles sensoriales característicos (Palma et al., 2025). Dentro de las categorías de pisco destacan el pisco puro, elaborado a partir de una sola variedad de uva, y el pisco acholado, resultado de la mezcla de diversas variedades. Estas diferencias en las materias primas y en el proceso de elaboración dan lugar a una composición volátil característica, responsable de los perfiles aromáticos y sensoriales distintivos, fundamentales para su apreciación y valoración en el mercado (Cacho et al., 2012a).

La composición volátil del pisco es responsable de su aroma, uno de los atributos más apreciados por consumidores y expertos. Los compuestos volátiles, que incluyen alcoholes, ésteres, terpenos y ácidos, contribuyen a los matices aromáticos que distinguen a los piscos puros y acholados. El pisco genera múltiples sensaciones olfativas y gustativas como resultado de la compleja combinación de compuestos volátiles presentes en una solución de agua y etanol (Peña Lillo et al., 2005). A pesar de la importancia de estos compuestos en la calidad del pisco, el conocimiento sobre el impacto de la composición volátil en el perfil sensorial y hedónico del producto sigue siendo limitado y fragmentado. Este vacío científico dificulta la estandarización de la calidad y la promoción del pisco en mercados especializados, donde se valoran la autenticidad, la diferenciación y la estabilidad del producto.

A pesar de su reconocimiento como zona productora con denominación de origen, departamentos como Moquegua han sido escasamente estudiados en cuanto a su perfil sensorial y su composición química. Esto representa un vacío significativo, dado que sus condiciones geográficas particulares, como la altitud, el clima y el tipo de suelo, podrían influir de manera distintiva en la calidad aromática y sensorial de bebidas alcohólicas como el pisco (Obreque et al., 2024). El estudio de productos

procedentes de regiones poco exploradas permitiría obtener una caracterización más completa y representativa del pisco peruano. Para cerrar esta brecha, es necesario vincular los análisis químicos con las respuestas sensoriales provenientes de la percepción del consumidor, ya que esta última determina la aceptación y el éxito del producto en el mercado (Lee, 2025).

En este sentido, la presente investigación complementa la cuantificación de compuestos volátiles del pisco con una evaluación sensorial desde la perspectiva del consumidor, mediante la técnica Free Comment (FC). A diferencia de otros métodos con descriptores predefinidos, como el check-all-that-apply (CATA), el FC permite a los participantes describir libremente sus percepciones. Esta metodología reduce sesgos y facilita la identificación de matices sensoriales propios de productos complejos, como el pisco, al fomentar descripciones espontáneas y detalladas de aromas, sabores y sensaciones en boca, lo que refleja de manera más auténtica la experiencia del consumidor (Mahieu et al., 2020).

Por lo tanto, este estudio busca aportar una comprensión más profunda de los atributos que contribuyen a la identidad del pisco, lo cual apoya tanto a la industria en sus estrategias de control de calidad como a los productores en la valorización de sus productos en los mercados nacionales e internacionales.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El pisco es un aguardiente obtenido mediante la destilación de vino base, producido en las zonas costeras de Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna (Huertas Vallejos, 2004). La Norma Técnica Peruana lo clasifica en tres tipos: el pisco puro, elaborado a partir de una sola variedad de uva pisquera; el acholado, resultado de la mezcla de dos o más variedades; y el mosto verde, obtenido de la destilación de un mosto con fermentación interrumpida (INDECOPI, 2006). Su elaboración puede utilizar ocho variedades de uva pisqueras y el producto final presenta un contenido alcohólico entre 38 y 48 por ciento en volumen (Palma et al., 2025). Esta diversidad de variedades y tipos genera perfiles aromáticos y sensoriales marcadamente distintos entre sí, lo que convierte la caracterización química y sensorial del producto en una necesidad científica y tecnológica para la industria pisquera. Sin embargo, los estudios disponibles se han centrado principalmente en piscos puros monovarietales de regiones como Ica y Lima, dejando sin caracterizar las mezclas acholadas elaboradas en zonas con denominación de origen poco exploradas como Moquegua, donde las condiciones particulares de altitud, suelo y clima podrían determinar un perfil aromático diferenciado (Cacho et al., 2013; Napa Almeyda et al., 2023).

La producción nacional de pisco se ha estabilizado en torno a 7,8 millones de litros anuales en los últimos tres años, alcanzando los 8 millones de litros en 2024, lo que representa un incremento del 2,6 % respecto a los 7,8 millones registrados en el año previo, impulsado por el dinamismo de las exportaciones (Ministerio de la Producción, 2024). El pisco puro concentra la mayor participación de mercado, seguido del acholado y, en menor proporción, del mosto verde, cuya producción se ve limitada por su mayor costo de elaboración. Lima e Ica concentran más del 90 % de la producción nacional, seguidas de Arequipa, Moquegua y Tacna; en particular, Moquegua representa aproximadamente el 1 % de la producción nacional, mientras que Arequipa aporta el 8 % y Tacna el 6 % (PRODUCE, 2024). Las exportaciones llegaron a más de cuarenta países y alcanzaron US$ 9,7 millones FOB en 2023 y US$ 8,6 millones FOB en 2024, con una ligera caída del 9,8 % en valor frente al año

anterior, siendo Estados Unidos el principal mercado de destino (PROMPERÚ, 2024; PRODUCE, 2024).

El mercado valora atributos como el aroma, el sabor y la tipicidad varietal; sin embargo, Moquegua carece de estudios científicos que caractericen la composición volátil y el perfil sensorial de sus piscos puros y acholados, lo que limita la diferenciación del producto en mercados competitivos y dificulta la toma de decisiones tecnológicas por parte de los productores locales.

La evidencia científica disponible para evaluar la calidad del pisco sigue siendo heterogénea y fragmentada, con trabajos sobre la composición química y el perfil sensorial del pisco desarrollados de manera dispersa, enfocándose exclusivamente en la cuantificación de compuestos volátiles mediante cromatografía de gases, otros en la evaluación sensorial con paneles entrenados, y muy pocos integran ambos enfoques en un mismo diseño experimental (Saldaña et al., 2025). La relación entre la caracterización química de los compuestos volátiles y la percepción sensorial rara vez se aborda de manera integrada. La variabilidad asociada al tipo de uva, a la zona de producción y a las condiciones de fermentación puede modificar el perfil aromático final (Napa-Almeyda et al., 2023). Los estudios existentes suelen centrarse en variedades, regiones o condiciones de proceso específicas, por lo que la información comparativa entre piscos puros y acholados sigue siendo limitada. En piscos puros, el perfil aromático se ha descrito a partir de un conjunto de compuestos volátiles identificados y cuantificados mediante cromatografía de gases con olfatometría, entre los que destacan compuestos derivados de la fermentación y compuestos varietales, como los terpenos (Cacho, Moncayo et al., 2012). En los piscos acholados, la caracterización aromática es menos frecuente y menos estandarizada, debido a la complejidad de las mezclas, a las interacciones no lineales entre volátiles y a la variabilidad de proporciones y procesos. Esta brecha restringe la estandarización y reduce las oportunidades de optimización del proceso orientadas a la calidad del producto final.

Un conocimiento detallado de la composición volátil y del perfil sensorial de los piscos puros y acholados beneficiaría a los productores en términos de control de

calidad y de diferenciación. Además, permitirá a los consumidores apreciar mejor las características aromáticas del producto. A diferencia de bebidas alcohólicas ampliamente estudiadas, como el vino o el vodka, el pisco combina variedades de uvas aromáticas y no aromáticas, lo que enriquece y complejiza el estudio de su aroma. Los mercados internacionales demandan productos con altos estándares de calidad y perfiles sensoriales claramente definidos (Centro de Investigación en Economía y Negocios Globales, 2022). Caracterizar el perfil aromático del pisco resulta esencial para satisfacer estas exigencias, fortalecer la identidad del producto y consolidar su posicionamiento global.

1.2. Formulación del problema de investigación

Frente a la creciente demanda internacional de productos con altos estándares de calidad y perfiles aromáticos definidos, comprender a fondo los factores que determinan el perfil aromático y sensorial del pisco en sus diferentes variedades. El pisco es una bebida tradicional con un profundo valor cultural en el Perú; sin embargo, la escasez de estudios detallados sobre su composición volátil y sus características sensoriales dificulta su diferenciación y su valoración en mercados especializados. En este marco, se formulan las siguientes interrogantes.

1.2.1. Interrogante general

¿Cuál es la composición volátil, el perfil sensorial y la aceptación de los piscos puros y acholados elaborados con uvas Italia y Negra Criolla?

1.2.2. Interrogantes específicas

- ¿Cómo varían los compuestos orgánicos volátiles entre los piscos puros y acholados analizados mediante GC-MS?
- ¿Qué atributos sensoriales caracterizan los piscos puros y acholados según las descripciones de los consumidores obtenidas mediante el método Free Comment?
- ¿Cuál es el nivel de aceptación de los piscos puros y acholados, evaluado mediante la escala hedónica de nueve puntos?

- ¿Existe correlación significativa entre los compuestos orgánicos volátiles, los atributos sensoriales y la aceptación de los piscos puros y acholados?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la composición volátil, el perfil sensorial y la aceptación de piscos puros y acholados elaborados con uvas Italia (*aromática*) y Negra Criolla (*no aromática*).

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el perfil de compuestos volátiles en piscos puros y acholados mediante GC-MS.
- Perfilar sensorialmente los piscos puros y acholados mediante el método Free Comment aplicado a consumidores.
- Determinar el nivel de aceptación de los piscos puros y acholados mediante una escala hedónica de nueve puntos.
- Analizar la correlación entre los compuestos volátiles, los atributos sensoriales, y la aceptación de piscos puros y acholados mediante análisis de correlación.

1.4. Justificación e importancia

El presente trabajo de investigación emplea la ciencia química y sensorial para analizar y describir la composición volátil y el perfil sensorial de los piscos puros y acholados. Aunque la producción nacional de pisco se ha estabilizado en torno a 7,8 millones de litros anuales en los últimos tres años (Ministerio de la Producción, 2024), la participación de regiones como Moquegua en el mercado de exportación es limitada, ya que destina su producción principalmente al consumo local. Esta situación se relaciona con la falta de caracterización científica que permita diferenciar sus productos por su composición y perfil sensorial. En este sentido, el presente estudio aporta información relevante para la valorización del pisco mediante la comprensión de su perfil químico y sensorial, y analiza cómo las proporciones de

pisco Italia y Negra Criolla modifican la composición química y la expresión sensorial del producto.

El mercado global de bebidas alcohólicas finas se expande constantemente, con consumidores que valoran la calidad, la autenticidad y la trazabilidad de los productos (IWSR, 2025). Por lo tanto, la caracterización química y sensorial del pisco con criterios científicos aporta evidencia sobre su perfil aromático y respalda la diferenciación del producto frente a otras bebidas espirituosas de uva (Palma et al., 2025; Saldaña et al., 2025).

Investigaciones previas han destacado la relevancia de los compuestos volátiles en bebidas como el vino, el vodka y otras bebidas alcohólicas, ya que definen sus características aromáticas y de sabor, lo que influye en la calidad, el perfil sensorial y la percepción de calidad de la bebida (Jiang y Zhang, 2018). Este vacío de conocimiento sobre el pisco resulta particularmente problemático en el departamento de Moquegua, donde la falta de investigación impide optimizar los procesos y diferenciar los productos de calidad en el competitivo mercado nacional e internacional. Sin un entendimiento profundo de los compuestos volátiles que influyen en el aroma y el sabor del pisco, los productores locales no cuentan con las herramientas necesarias para perfeccionar sus métodos y, en consecuencia, destacar en la industria (Cacho et al., 2012; Napa Almeyda et al., 2023).

La presente tesis aborda esta brecha de conocimiento mediante un análisis exhaustivo de la composición volátil y del perfil sensorial de piscos puros y acholados. En el análisis sensorial de bebidas alcohólicas, como el pisco, se requieren metodologías que abarquen tanto la objetividad del perfil volatil como la subjetividad de la percepción de los consumidores (Valentin et al., 2012; Varela & Ares, 2012). La técnica Free Comment, una metodología cualitativa que permite a los evaluadores expresar libremente su percepción sensorial, resulta ideal para este propósito. A diferencia de los métodos estructurados que restringen las respuestas a descriptores definidos, el Free Comment permite obtener descripciones espontáneas de los aromas, los sabores y las sensaciones en boca percibidos, lo cual resulta esencial para una caracterización detallada de los piscos puros y acholados.

Los resultados de este estudio permitirán a los productores locales de Moquegua mejorar la calidad de sus productos a mediano plazo y, en consecuencia, aumentar su competitividad en los mercados nacionales e internacionales. Asimismo, contribuirán a incrementar la percepción de valor del producto, lo que podría traducirse en beneficios económicos directos para los agricultores y las bodegas.

Por lo tanto, esta tesis posee relevancia científica y técnica, así como aplicaciones prácticas para la caracterización y el control de calidad del pisco moqueguano. La aplicación de técnicas analíticas avanzadas contribuirá a una producción mejor caracterizada y a la diferenciación científica del producto frente a otras bebidas espirituosas de uva.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Los compuestos orgánicos volátiles difieren significativamente entre los piscos puros y acholados según la proporción de la variedad aromática empleada, lo que determina su perfil sensorial y hedónico.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La concentración y diversidad de compuestos orgánicos volátiles, tales como ésteres, terpenos y alcoholes superiores, varían significativamente entre los piscos puros y acholados en función de la proporción de la variedad aromática utilizada en la mezcla.

- Los piscos con mayor proporción de variedad aromática presentan un perfil sensorial más complejo, con predominio de descriptores frutales, florales y herbáceos, mientras que los piscos no aromáticos exhiben descriptores de menor diversidad, como “suave” o “alcohólico”.

- No existen diferencias significativas en la aceptación global entre los piscos puros y acholados; sin embargo, las mezclas intermedias con una mayor

diversidad de compuestos volátiles presentarán valoraciones hedónicas relativamente superiores.

- Existe correlación positiva significativa entre la concentración de ésteres de cadena media y terpenos con los descriptores sensoriales frutales y florales, que su vez direcciona la preferencia de los consumidores.

1.6. Variables

1.6.1. Variables independientes

Proporción volumétrica de pisco aromático y no aromático

1.6.2. Variables dependientes

Compuestos orgánicos volátiles, características sensoriales y aceptación sensorial.

1.6.3. Operacionalización de variables

La Tabla 1 presenta la operacionalización de las variables empleadas en la presente tesis.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Tipo	Dimensión	Nivel	Unidad	Instrumento
Independiente	Mezclas de piscos aromáticos y no aromáticos	100 PNA / 0 PA; 75 PNA / 25 PA; 50 PNA / 50 PA; 25 PNA / 75 PA; 0 PNA / 100 PA	%	Probetas graduadas
Dependiente	Compuestos orgánicos volátiles	Concentración	mg/L	GC-MS
	Características sensoriales	Frecuencia	Citas	Ficha sensorial
	Aceptación sensorial	1 a 9	Puntaje	Escala hedónica

Nota. PNA: pisco no aromático; PA: pisco aromático.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El pisco peruano ha sido caracterizado químicamente en las dos últimas décadas mediante diversas técnicas instrumentales. Cacho et al. (2012) caracterizaron el perfil aromático del pisco puro de uva Italia mediante GC-O y GC-FID/GC-MS en un total de 33 muestras, identificaron 25 odorantes relevantes y destacaron los terpenos varietales, como linalool y geraniol, por su aporte aromático. Concluyeron que el pisco Italia puede describirse mediante odorantes asociados a la tipicidad de la variedad. El estudio se limita, sin embargo, a un pisco monovarietal y no aborda la caracterización aromática de los piscos acholados.

Cacho et al. (2012b) caracterizaron el perfil aromático del pisco puro de uva Quebranta de diversas regiones del Perú, incluida Moquegua, mediante GC-O y análisis de volátiles por GC-FID y GC-MS. Los autores identificaron 22 odorantes, principalmente derivados de la fermentación, entre ellos compuestos relevantes como 2,3-butanodiona, alcohol isoamílico y ésteres etílicos, así como aportes varietales como guaiacol y β-damascenona. El estudio reportó diferencias según el origen y mostró que los piscos de Moquegua presentaron menor intensidad de notas florales, frutales y dulces, lo cual se asoció con una mayor presencia de etilacetato. Estos resultados evidencian que la procedencia geográfica influye en la expresión aromática del pisco.

López Vázquez et al. (2010) propusieron y validaron un método rápido de inyección directa en GC-FID para cuantificar, en 23 minutos, un conjunto de 33 compuestos volátiles, entre los cuales se encuentran acetaldehído, etil acetato, metanol, alcoholes superiores y ésteres etílicos. Lukić et al. (2006) desarrollaron un método aplicable a destilados de uva, basado en la extracción en fase sólida con cartuchos C18, para preconcentrar compuestos volátiles minoritarios y analizarlos mediante GC-FID/GC-MS. La técnica permitió cuantificar simultáneamente terpenos como linalool, geraniol y nerol, así como ésteres, alcoholes C6 y ácidos grasos, con buenas recuperaciones y bajos límites de detección. Bi et al. (2024) emplearon HS-SPME acoplada a GC-MS para determinar compuestos volátiles en bebidas con

contenido alcohólico superior al 30 %. Los alcoholes superiores, como isoamílico, isobutílico, 1-propanol e isopentílico, fueron los predominantes.

Herraiz et al. (1990) presentaron un método analítico basado en cromatografía de gases multidimensional para caracterizar la composición volátil del pisco chileno. Los autores identificaron 54 compuestos volátiles, incluidos ésteres, alcoholes, terpenos, ácidos, compuestos carbonílicos y otras familias, de los cuales 18 fueron identificados por primera vez. Posteriormente, Agosin et al. (2000) cuantificaron los terpenos más importantes y otros compuestos aromáticos en variedades aromáticas como Moscatel de Alejandría, Moscatel Rosada, Moscatel de Austria, Moscatel Amarilla y Torontel.

En el ámbito peruano, Peña et al. (2005) investigaron el efecto de la fermentación con y sin orujos sobre la composición aromática y la calidad del pisco Italia de Tacna. Los autores hallaron que el pisco producido sin orujos presenta niveles más altos de alcoholes superiores y de metanol y recibe una mejor calificación sensorial. La fermentación y el tiempo de maceración también han sido estudiados e indican que las características físicas, químicas y sensoriales óptimas del pisco de uva Quebranta se alcanzan con temperaturas entre 18 y 20 °C y un periodo de maceración de entre 7 y 14 días.

Como referencia metodológica adicional, Campo et al. (2005) analizaron cómo la composición aromática de vinos monovarietales jóvenes puede predecir sus propiedades sensoriales específicas. Concluyeron que las principales diferencias aromáticas entre seis vinos blancos españoles se debían a la proporción de linalool y de acetato de 3-mercaptohexilo, y que las notas florales, dulces y de moscatel se relacionaron positivamente con la concentración de linalool. Guth (1997) detectó 36 compuestos aromáticos activos en Scheurebe y 40 en Gewürztraminer. Entre los compuestos con mayor impacto sensorial destacan el etil 2-metilbutirato, el etil isobutirato, el 2-feniletanol, el 3-metilbutanol, la 3-hidroxi-4,5-dimetil-2(5H)furanona y el 3-etilfenol.

La revisión de la composición volátil identifica un patrón claro. Los estudios sobre los piscos peruanos se concentran en variedades puras, principalmente Italia y

Quebranta. Las técnicas instrumentales empleadas (GC-O, GC-FID/MS, HS-SPME) son maduras y comparables entre laboratorios. La aplicación de estas técnicas a piscos acholados, en los que la mezcla de variedades introduce interacciones no lineales entre volátiles, sigue siendo poco explorada.

El método Free Comment fue introducido en la ciencia sensorial por ten Kleij y Musters (2003), motivados por la observación de que las respuestas libres rara vez se utilizaban para análisis detallados a pesar de contener información rica expresada en el lenguaje del consumidor. La esencia del método consiste en instruir a los panelistas para que describan los productos en sus propios términos, en respuesta a preguntas abiertas. El Free Comment se posiciona como un método de caracterización sensorial descriptiva basado en el principio de presencia o ausencia de descriptores en los productos a nivel del panelista, principio que comparte con el Check-All-That-Apply (CATA) de Adams et al. (2007).

La diferencia fundamental entre Free Comment y CATA radica en el momento en que se establecen los descriptores sensoriales. En CATA, los descriptores son fijados a priori por el investigador con base en el conocimiento previo del producto o en investigaciones previas. En Free Comment, los descriptores se establecen a posteriori mediante codificación experta del verbatim recolectado, mediante el procesamiento del lenguaje natural o, en aplicaciones recientes, mediante grandes modelos de lenguaje (Mahieu et al., 2020; Visalli et al., 2023). La consecuencia metodológica es que el Free Comment evita los sesgos asociados al uso de listas predefinidas (Coulon-Leroy et al., 2017; Krosnick, 1999).

Symoneaux et al. (2012) compararon el Free Comment con el perfil descriptivo convencional y con el mapa de preferencias en manzanas. El método capturó descriptores que los consumidores asociaban espontáneamente con el agrado o el desagrado, lo que constituye una alternativa para identificar drivers cuando los recursos para entrenar paneles son limitados. Ares et al. (2010) aplicaron Free Comment a postres lácteos y observaron que el vocabulario generado por los consumidores cubría las dimensiones sensoriales relevantes con una riqueza léxica comparable a la de un panel entrenado. Hanaei et al. (2015) introdujeron un duplicado

ciego en su diseño y comprobaron que las descripciones libres del duplicado se ubicaban como vecinos más próximos en el análisis de correspondencias, lo que respalda la reproducibilidad del método.

Mahieu et al. (2020) realizaron la comparación más exhaustiva entre el Free Comment y el CATA en condiciones de evaluación domiciliaria con consumidores de vino. El estudio mostró que el Free Comment generó más descriptores con mayor poder discriminante, identificó atributos que el CATA no contemplaba en su lista a priori y presentó coordenadas de productos en el análisis de correspondencias estables al duplicar el panel. La conclusión central fue que el Free Comment supera al CATA en la caracterización sensorial de vinos con consumidores en el domicilio. Visalli et al. (2023) extendieron el método a la dimensión temporal y mostraron que el Free Comment temporal capta la evolución de la percepción durante la cata de vino en paneles con variaciones en cultura y experiencia.

El análisis estadístico de los datos del Free Comment ha sido objeto de un desarrollo metodológico sostenido en la última década, principalmente desde el Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (CSGA) en Dijon, Francia. El procedimiento clásico de análisis se basa en el estadístico chi-cuadrado e incluye tres componentes (Mahieu et al., 2020). El primero es una prueba secuencial de la dimensionalidad de la dependencia entre productos y descriptores en el análisis de correspondencias mediante el procedimiento de Malinvaud (1964) extendido por Camiz y Gomes (2013). El segundo corresponde a las elipses de confianza para la posición de los productos en el espacio del análisis de correspondencias mediante bootstrap total con rotaciones de Procrustes restringidas al subespacio significativo (Cadoret y Husson, 2013). El tercero son las pruebas exactas de Fisher por celda aplicadas a la tabla de contingencia derivada de los ejes significativos para identificar las asociaciones específicas entre productos y descriptores.

La principal limitación del marco chi-cuadrado clásico fue identificada por Mahieu et al. (2021). El marco clásico considera como unidad experimental la citación de un descriptor por un consumidor para un producto, pero las citaciones provenientes de la misma evaluación no son independientes entre sí. Cuando los

productos generan tasas de citación distintas, esta violación de la independencia produce conteos esperados sesgados bajo la hipótesis nula y resultados inconsistentes en las pruebas por celda. Para resolver esta limitación, los autores propusieron un marco de chi-cuadrado de respuesta múltiple que considera como unidad experimental la evaluación completa, es decir, el vector de citas de un producto por un consumidor. La diferencia entre los dos marcos modifica los conteos esperados bajo la hipótesis nula y conduce a un análisis de correspondencias multi-respuesta y a una prueba hipergeométrica multi-respuesta para los tests por celda. El nuevo marco produce resultados consistentes incluso cuando los productos presentan tasas de citación distintas, situación habitual en la evaluación de bebidas alcohólicas, en la que algunos generan más comentarios espontáneos que otros.

Mahieu et al. (2022) extendieron el aparato analítico para identificar drivers de aceptación mediante la introducción del método Ideal-Free-Comment. Los consumidores describen los productos reales mediante Free Comment y luego describen un producto ideal hipotético con el mismo método. La caracterización del producto ideal queda así desvinculada de la de los productos reales y constituye un objetivo hedónico de referencia. Combinada con la puntuación hedónica, esta aproximación permite identificar los descriptores que diferencian los productos preferidos de los menos preferidos sin recurrir a una lista predefinida de atributos.

El estudio integrativo de la composición química, la percepción sensorial y la aceptación del consumidor en bebidas alcohólicas ha avanzado a través de tres familias metodológicas. La primera corresponde a las correlaciones bivariadas entre las concentraciones de compuestos individuales y los atributos sensoriales o de aceptación. La segunda es el análisis multivariado de bloques pareados, típicamente entre la composición química y el perfil sensorial, mediante análisis discriminante o regresión por mínimos cuadrados parciales. La tercera, más reciente, son los métodos multibloque que integran simultáneamente tres o más matrices.

En la primera familia, Campo et al. (2008) aplicaron GC-olfatometría y técnicas de cuantificación a vinos blancos especiales y mostraron que un conjunto de compuestos de fermentación y de oxidación, como metional, fenilacetaldehído y

sotolón, explica rasgos sensoriales característicos. Las correlaciones entre la concentración y los descriptores sensoriales permitieron identificar marcadores químicos de atributos específicos. Kelanne et al. (2022) extendieron este enfoque a bebidas alcohólicas, comparando cepas de levaduras de *Saccharomyces bayanus* y *Torulaspora delbrueckii*. Los autores encontraron que los ésteres desempeñan un papel fundamental en las propiedades sensoriales, con concentraciones que representan entre el 66 y el 75 % del total de compuestos volátiles.

En la segunda familia, Niimi et al. (2018) aplicaron regresión por mínimos cuadrados parciales secuenciales y ortogonalizados para predecir las propiedades sensoriales del vino Cabernet Sauvignon a partir de la composición química de la uva. El método permitió descomponer el efecto de la composición química sobre la percepción sensorial en componentes directos e indirectos y mostró que los compuestos varietales y los derivados de la fermentación contribuyen de forma diferente al perfil sensorial. Šuklje et al. (2016) integraron datos químicos, sensoriales y de manejo del viñedo en Shiraz mediante análisis multibloque y demostraron que la integración explícita de las tres fuentes de variación es necesaria para explicar la variabilidad inter-añada del vino.

En la tercera familia, Pagès y Tenenhaus (2001) propusieron el modelo de referencia para integrar tres bloques de datos (composición química, perfil sensorial y juicio hedónico) mediante el análisis factorial múltiple, combinado con el modelado de rutas por mínimos cuadrados parciales. Su aplicación a jugos de naranja constituye un diseño paralelo al de la presente investigación, donde tres bloques comparten los productos como dimensión común y el aparato estadístico estima el alineamiento entre bloques mediante el coeficiente RV (Robert y Escoufier, 1976), proyecta los productos sobre un mapa consenso y descompone la cadena causal química-sensorial-aceptación. Cariou et al. (2018) formalizaron esta cadena causal con el método ComDim aplicado al modelado de rutas, y proporcionaron las saliencias por bloque que cuantifican la contribución relativa de cada matriz a cada dimensión común. Saldaña et al. (2019) aplicaron una arquitectura multibloque equivalente a tocino ahumado con maderas brasileñas e integraron compuestos

volátiles, el perfil sensorial y la aceptación, lo que constituye un antecedente cercano en términos de diseño y de tipo de análisis.

La revisión de los antecedentes identifica cuatro brechas de conocimiento específicas. La primera es la ausencia de caracterización aromática de los piscos acholados peruanos, ya que los estudios disponibles se concentran en piscos puros monovarietales. La segunda es la ausencia de aplicación del método Free Comment a piscos peruanos, técnica que está consolidada para vinos, sidras y postres lácteos, pero no se ha aplicado a destilados de uva con consumidores. La tercera es la ausencia de aplicación de los marcos estadísticos modernos para Free Comment, particularmente el chi-cuadrado de respuesta múltiple y el análisis de correspondencias multi-respuesta, a bebidas espirituosas peruanas. La cuarta es la ausencia de un análisis integrativo que correlacione la composición química, los descriptores sensoriales y la aceptación de los consumidores en el Pisco mediante métodos multibloque. Estas cuatro brechas convergen en una pregunta operativa para la industria pisquera de Moquegua sobre cuáles son los compuestos volátiles que diferencian un acholado de otro, cuáles son los descriptores que los consumidores asocian con esos compuestos en su propio lenguaje, cuáles de esos descriptores explican la aceptación, y cómo se integra esta información en una huella aromático-sensorial que respalde la diferenciación del producto.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Pisco

El pisco es la bebida nacional del Perú, con gran relevancia cultural y económica para el país. Su producción se inició a finales del siglo XVI en la costa sur peruana, específicamente en la región del actual departamento de Ica, donde se consolidó como el destilado característico de la nación (Gutiérrez, 2003).

El origen de la palabra pisco tiene raíces precolombinas, con influencia hispana durante la Colonia. El término proviene del quechua, lengua del antiguo Perú, en la que pisqueras designaba a las aves pequeñas. La bebida recibió este nombre por diversas razones, ya sea porque se elabora a partir de uvas pequeñas, porque la ciudad donde se inició su producción se denomina Pisco, o porque los primeros

aguardientes de uva se almacenaron en recipientes llamados piskos, fabricados desde la época inca (Huertas Vallejos, 2004).

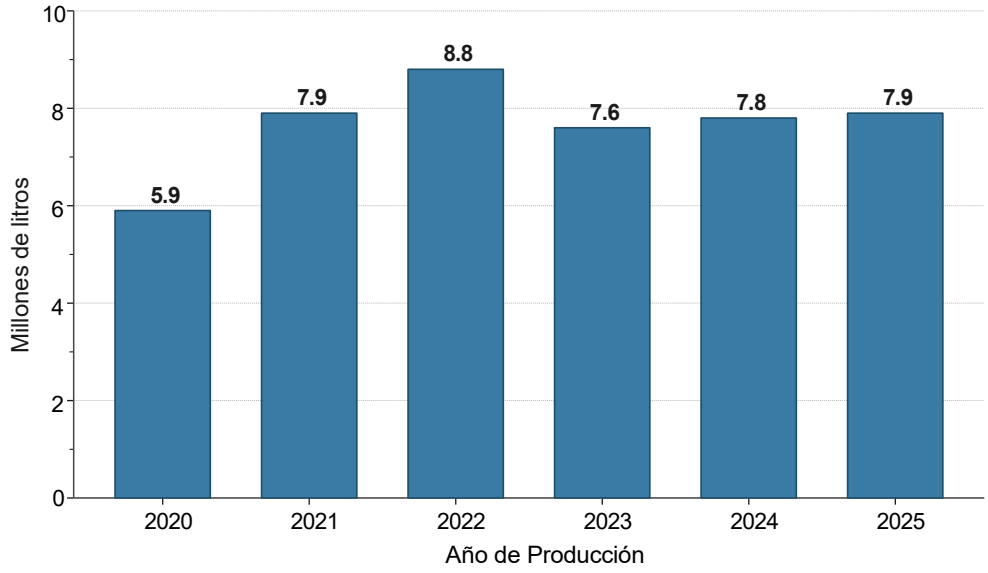
En cuanto a su reconocimiento oficial, en 1991 el gobierno peruano estableció el pisco como denominación de origen mediante el Decreto Supremo N.° 001-91-ICTI/IND, y en 2006 la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual lo ratificó como producto originario del Perú. Técnicamente, se define como el destilado obtenido exclusivamente de la destilación de jugos recién fermentados de uvas pisqueras, mediante métodos que respetan los estándares tradicionales de calidad de las regiones de producción reconocidas (Norma Técnica Peruana, 2006).

2.2.2. Producción de pisco

Según el Ministerio de la Producción (2024), la producción nacional de pisco entre 2020 y 2025 osciló entre 5,9 y 8,8 millones de litros, con un mínimo en 2020, un máximo en 2022 y una estabilización en torno a 7,8 millones de litros en los últimos tres años (Figura 1). Lima e Ica concentran más del 90 por ciento de la producción nacional, seguidas de Arequipa, Moquegua y Tacna.

Figura 1

Evolución de la producción de pisco



Nota. Adaptado de PRODUCE OGEIEE (2025).

2.2.3. Uvas pisqueras

El pisco peruano se elabora a partir de diversas cepas de uva clasificadas en dos grupos (Tabla 2). Las uvas aromáticas comprenden Italia, Albilla, Moscatel y Torontel, mientras que las uvas no aromáticas comprenden Quebranta, Negra Criolla, Mollar y Uvina (Norma Técnica Peruana, 2006). De estas, las más destacadas en la producción de pisco son Italia y Quebranta. Italia es la variedad aromática más cultivada en el país (Huertas Vallejos, 2004).

Tabla 2

Variedades de uvas pisqueras

Uva pisquera	Especie	Zona de producción	Aromaticidad
Quebranta	*Vitis vinifera L.*	Todas las zonas pisqueras	No aromática
Negra Criolla	*Vitis vinifera L.*	Todas las zonas pisqueras	No aromática
Mollar	*Vitis vinifera L.*	Todas las zonas pisqueras	No aromática
Italia	*Vitis vinifera L.*	Todas las zonas pisqueras	Aromática
Moscatel	*Vitis vinifera L.*	Todas las zonas pisqueras	Aromática
Albilla	*Vitis vinifera L.*	Todas las zonas pisqueras	Aromática
Torontel	*Vitis vinifera L.*	Todas las zonas pisqueras	Aromática
Uvina	*Vitis aestivales cinerea E. y Vitis vinifera L.*	Lima (Lunahuana, Pacarán y Zúñiga, provincia de Cañete)	No aromática

Nota. Adaptado de INDECOPI (2019).

2.2.4. Zonas pisqueras del Perú

El pisco se elabora en áreas oficialmente reconocidas como regiones productoras, ubicadas en la costa de los departamentos de Lima, Ica, Arequipa y Moquegua, así como en los valles de Locumba, Sama y Caplina, en el departamento de Tacna. La denominación zona de producción se aplica de manera exclusiva al pisco producido y embotellado en la misma región donde se cultivan las uvas empleadas en su elaboración (Figura 2) (Norma Técnica Peruana, 2006).

Figura 2

Zona geográfica de la Denominación de Origen Pisco



Nota. **Departamento pisquero:** región administrativa (ej. Moquegua). **Zona pisquera:** espacio específico dentro de ese departamento, usualmente la franja costera habilitado por la Norma Técnica Peruana (NTP) para producir pisco con Denominación de Origen (INDECOPI, 2019). Ambos conceptos no son equivalentes; el segundo está contenido dentro del primero.

En la actualidad, el cultivo de uva en el Perú es una de las principales actividades frutícolas, tanto por su extensión como por el valor de la producción. De las 61 315 hectáreas de superficie cultivable, el 24 por ciento (14 794 ha) está destinado a la uva, mientras que el 76 por ciento (46 521 ha) corresponde a otros cultivos. La cosecha de uvas se realiza entre noviembre y abril, y el cultivo se realiza dos veces al año debido a la estacionalidad (Ministerio de Agricultura, 2008).

La mayor parte de los cultivos de uva se concentra en la costa, con un 97,5 por ciento, mientras que la sierra alberga el 1,5 por ciento y la selva el 1 por ciento. Esta distribución geográfica se debe a la ubicación del país en las regiones central y occidental de América del Sur, donde, según la región, predominan los climas tropicales y subtropicales. La costa presenta un clima templado y húmedo; la sierra, un clima que varía de templado a frío glacial; y la selva, un clima cálido y húmedo con lluvias frecuentes (Hatta y Tonietto, 2012).

2.2.5. Clasificación de piscos

La clasificación del pisco en el Perú se basa en la variedad de uva, el proceso de fermentación y la mezcla de uvas. Se reconocen varios tipos. El pisco puro no aromático se elabora con una sola variedad de uva no aromática. El pisco puro aromático se elabora con una variedad de uva aromática y lleva su nombre. El pisco acholado se obtiene a partir de la mezcla de uvas aromáticas y no aromáticas. El pisco mosto verde se obtiene a partir de la fermentación incompleta, lo que le confiere características sensoriales distintivas (Tabla 3; Norma Técnica Peruana, 2006).

Tabla 3

Clasificación de piscos en función de su elaboración

Pisco puro	Pisco mosto verde	Pisco acholado
Pisco obtenido de manera exclusiva de una sola variedad de uva pisquera.	Pisco obtenido de la destilación de mostos frescos de uvas pisqueras con fermentación interrumpida.	Pisco obtenido de la mezcla de uvas pisqueras aromáticas y no aromáticas, así como de mostos de uvas pisqueras aromáticas y no aromáticas.

Nota. Adaptado de la Norma Técnica Peruana NTP 211.001:2006 (INDECOPI, 2006)

2.2.6. Composición de pisco

La bebida de pisco se elabora a partir de la destilación de mostos frescos de uvas pisqueras recientemente fermentados. Posee una característica diferenciadora frente a otros aguardientes elaborados en distintas zonas del mundo. Al ser un destilado, presenta una composición mayoritaria de compuestos volátiles, responsables de su aroma. Estos compuestos pueden clasificarse según su origen, lo que permite distinguir tres tipos de aromas. Los aromas primarios o prefermentativos provienen de la materia prima, es decir, de la variedad de uva, o se generan durante las etapas de producción y de transporte hasta la bodega. Los aromas secundarios se originan durante el proceso de fermentación. Los aromas terciarios surgen tanto en la destilación como durante el reposo del pisco. La Tabla 4 ofrece una descripción más detallada de algunos compuestos presentes en el pisco.

Tabla 4

Compuestos volátiles presentes en el pisco

Ésteres	Aldehídos	Alcoholes superiores	Ácidos orgánicos	Terpenos
Formiato de etilo, acetato de etilo, acetato de isoamilo, acetato de dietilo, hexanoato de etilo, lactato de etilo, decanoato de etilo, lactato de isoamilo, acetato de β-feniletilo, laurato de etilo, octanoato de etilo, succinato de dietilo	Acetaldehído, hexenal, c 3 hexenal, 2 hexenal, furfural	1 propanol, isopropanol, 1 butanol, isobutanol, 3 metil 1 butanol, 2 metil 1 butanol, 1 hexanol, c 3 hexenol, alcohol bencílico, β feniletanol, glicerol, 2,3 butanodiol	Ác. acético, ác. propiónico, ác. butírico, ác. 2 metilpropanoico, ác. 3 metilbutanoico, ác. hexanoico, ác. octanoico, ác. decanoico, ác. dodecanóico	Linalool, nerol, geraniol, citronelol, α terpineol, β ionona

Nota. Adaptado de Cacho et al. (2012a).

Según la legislación peruana del pisco, establecida bajo la denominación de origen otorgada por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), los productores deben presentar muestras a laboratorios certificados para que se realice un análisis físico-químico que verifique su conformidad con los requisitos de la Norma Técnica Peruana. La denominación de origen garantiza al consumidor que el pisco que adquiere tiene una calidad certificada.

Tabla 5

Requisitos físicos y químicos del pisco

Requisitos físicos y químicos	Mínimo	Máximo
Grado alcohólico volumétrico a 20 °C (%)	38,0	48,0
Extracto seco a 100 °C(g/L)	-	0,6
Componentes volátiles y congéneres (mg/100 mL a.a) (1)		
Ésteres, como acetato de etilo	10	333
● Formiato de etilo (2)	-	-
● Acetato de etilo	10	280
● Acetato de isoamilo (2)	-	-
Furfural	-	5
Aldehídos, como acetaldehído	3	60
Alcoholes superiores, como alcoholes superiores totales	60	350
● Isopropanol (3)	-	-
● Propanol (4)	-	-
● Butanol (4)	-	-
● Isobutanol (4)	-	-
● 3-metil-1-butanol/2-metil-1-1-butanol (4)	-	
Acidez volátil (como ácido acético)	-	200
Alcohol metílico		
● Pisco puro y mosto verde de uvas no aromáticas	4	100
● Pisco puro y mosto verde de uvas aromáticas y pisco acholado	4	150

Nota. Adaptado de la Norma Técnica Peruana (2006).

2.2.6.1. Compuestos volátiles del pisco

Las bebidas destiladas son mezclas altamente complejas que contienen cientos de compuestos individuales disueltos en una matriz de etanol y agua. Su interacción puede potenciarse o modificarse mediante efectos sinérgicos o de enmascaramiento, y su contribución al perfil sensorial depende tanto de su concentración como de sus umbrales de olor. Entre los compuestos volátiles más

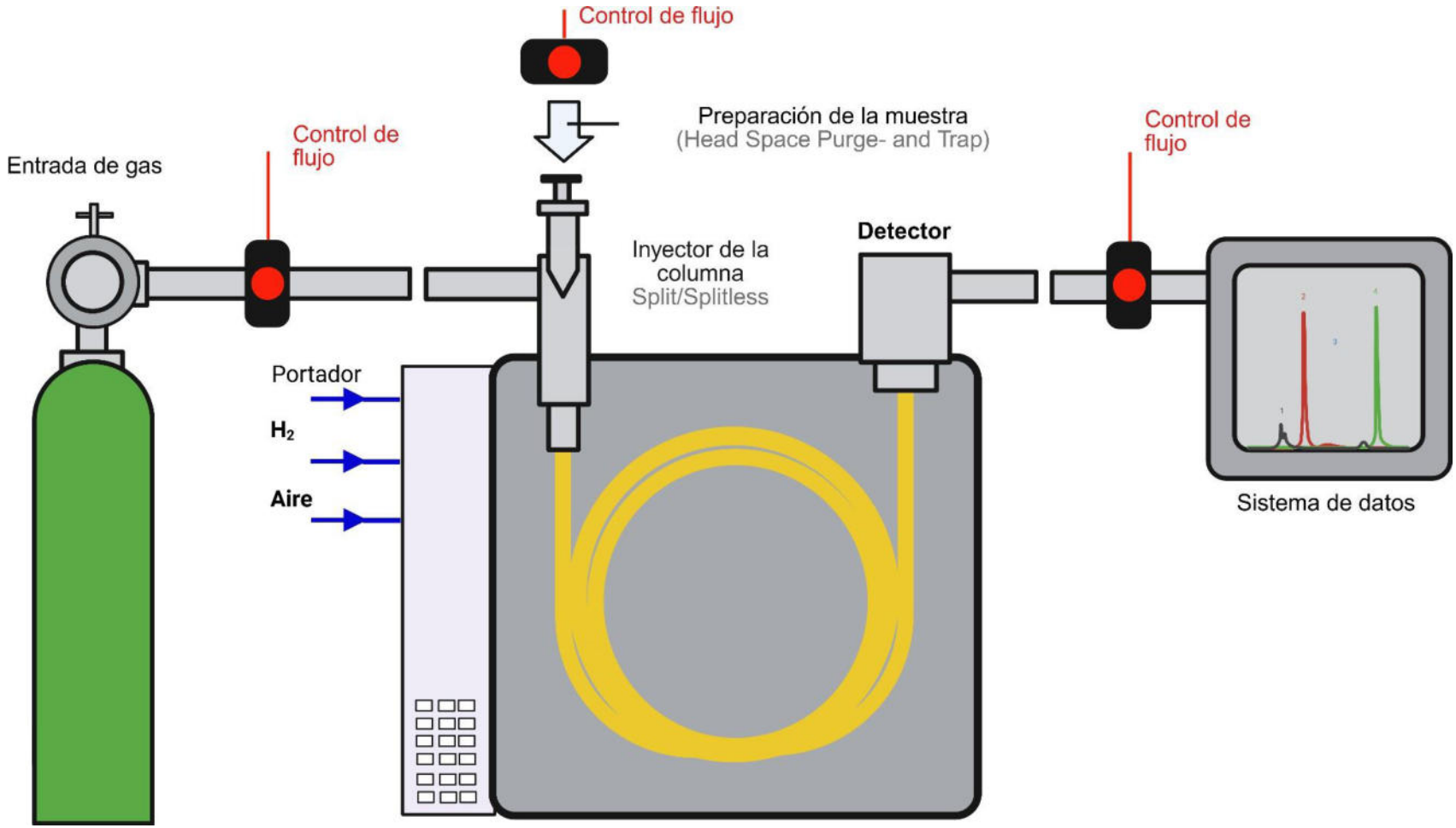
relevantes se encuentran los alcoholes superiores, como 1-propanol, 2-metil-1-propanol y 3-metil-1-butanol; los ésteres, como acetato de etilo y acetato de metilo; y los aldehídos, como acetaldehído y metanol. Estos compuestos se pueden agrupar en tres categorías; la primera, en compuestos varietales aportados por la materia prima, entre los que destacan los monoterpenos (linalool, geraniol, nerol, α-terpineol) y los norisoprenoides (β-damascenona), responsables de las notas florales, cítricas y de uva características de variedades aromáticas como Italia, Moscatel y Torontel (Cacho et al., 2012; Cacho et al., 2013). La segunda categoría corresponde a los compuestos fermentativos, generados por la actividad metabólica de las levaduras durante la transformación de los azúcares; incluye los alcoholes superiores (1-propanol, 2-metil-1-propanol, 3-metil-1-butanol), los ésteres etílicos (acetato de etilo, hexanoato de etilo, octanoato de etilo) y los ácidos grasos de cadena corta, que aportan notas afrutadas, dulces y solventes (Wardencki et al., 2003; Cacho et al., 2013). La tercera categoría reúne los compuestos derivados de la destilación y la maduración, como el furfural (formado por la degradación térmica de azúcares residuales durante el calentamiento), el metanol (originado en la hidrólisis enzimática de pectinas) y ciertos fenoles volátiles, como el guaiacol (Mendoza et al., 2023). El equilibrio cuantitativo de estos compuestos influye en la calidad aromática del producto determinada mediante GC-FID, con resultados expresados en mg/L de alcohol absoluto (Charapitsa et al., 2021).

En las bebidas espirituosas se han identificado más de quinientos compuestos pertenecientes a diversas clases químicas, entre ellas terpenos, alcoholes, ésteres, aldehídos, cetonas, ácidos y fenoles. Solo una parte de ellos contribuye de manera significativa a la percepción sensorial del producto final, lo cual puede evaluarse mediante la identificación de marcadores químicos específicos (Lillo, 2005).

La caracterización analítica de estos compuestos se realiza mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), técnica que combina la separación cromatográfica de los compuestos por afinidad con la fase estacionaria de una columna capilar y la identificación posterior por fragmentación con un espectrómetro de masas. La Figura 3 muestra el esquema operativo del sistema GC-MS.

Figura 3

Esquema operativo del sistema de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas



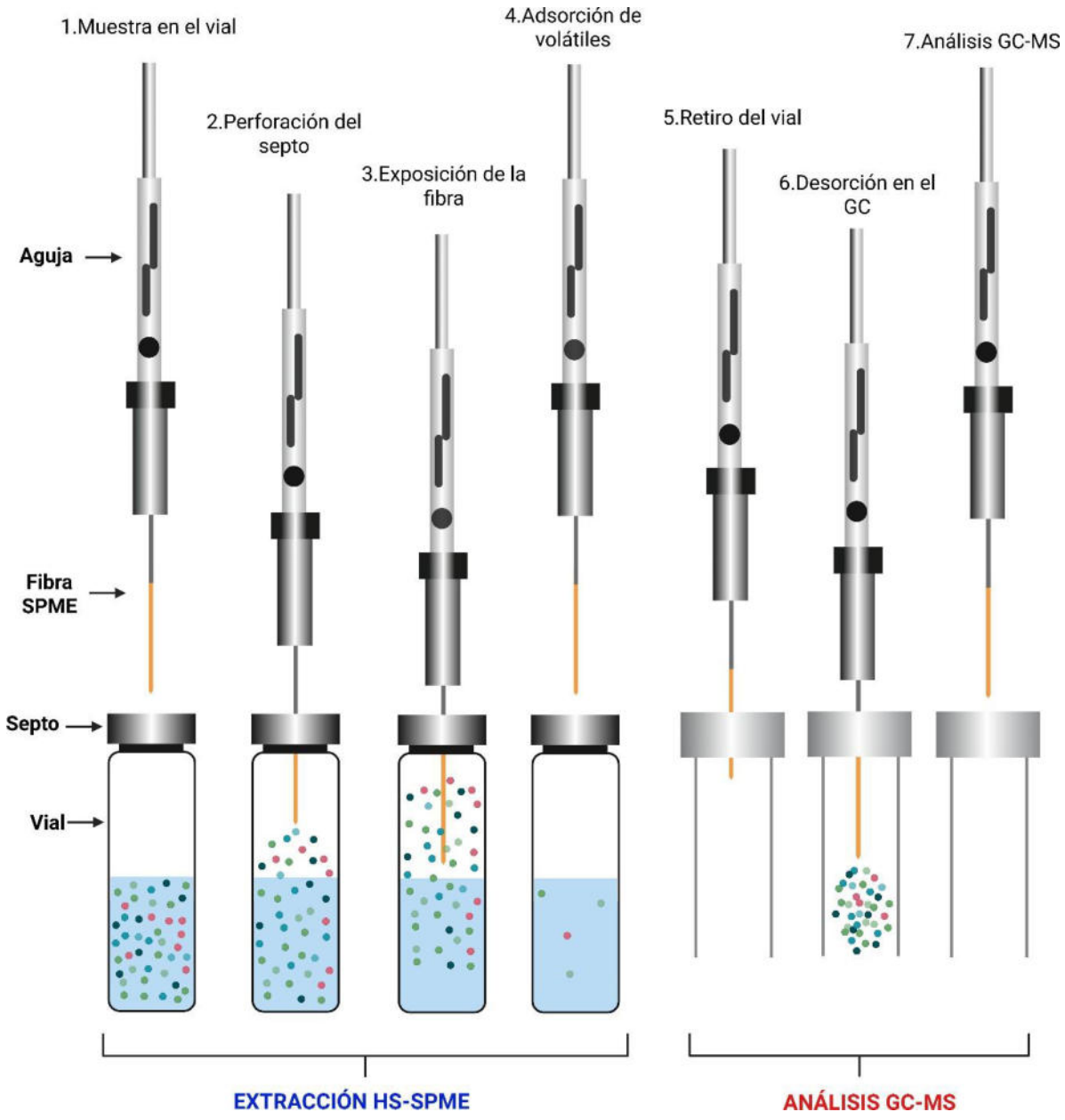
Nota. Adaptado de Lukić et al. (2006) y Bi et al. (2024).

El sistema opera en tres etapas. En la inyección, una jeringa introduce el extracto a través de un septum hacia el inyector caliente (250 °C, modo splitless), donde el solvente y los analitos se vaporizan. Un flujo continuo de helio actúa como gas portador y arrastra los vapores hacia la columna capilar. En la separación, la columna capilar de sílice fundida (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm) se mantiene dentro del horno cromatográfico con un programa de temperatura de 40 °C a 250 °C. Los compuestos atraviesan la columna a distintas velocidades según su afinidad por la fase estacionaria, lo que produce su separación temporal. En la detección por espectrometría de masas, los compuestos eluidos pasan a la cámara de vacío del detector, donde un filamento de la fuente de ionización por impacto electrónico (EI, 70 eV) los fragmenta en iones; las lentes electrostáticas focalizan los iones; el cuadrupolo los filtra según la relación masa/carga (m/z); y el multiplicador de electrones convierte los iones en una señal eléctrica. La salida del sistema genera dos gráficos complementarios. El cromatograma de iones totales (TIC) muestra la abundancia en función del tiempo de retención y permite cuantificar por área de pico. El espectro de masas muestra la abundancia en función de la relación m/z y permite la identificación mediante comparación con bibliotecas de referencia, como NIST, con un criterio de coincidencia mínimo del 80 %.

Para piscos y otras bebidas con alto contenido etanólico, la inyección directa del destilado satura el detector y enmascara los volátiles minoritarios. Por esta razón se aplica una etapa previa de extracción mediante microextracción en fase sólida en headspace (HS-SPME), técnica que concentra los volátiles sin uso de solventes y resulta compatible con muestras de elevada graduación alcohólica. La Figura 4 esquematiza las cuatro etapas del procedimiento HS-SPME.

Figura 4

Etapas de la microextracción en fase sólida en headspace (HS-SPME)



Nota. Adaptado de Bi et al. (2024).

El procedimiento se inicia con el acondicionamiento de la fibra recubierta con una fase estacionaria mixta de divinilbenceno, carboxen y polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS). La fibra se calienta en una estación de acondicionamiento a 250 °C durante 30 minutos para liberar contaminantes residuales y estabilizar la fase. En

la extracción, la fibra se introduce a través del septum del vial sellado, queda expuesta al headspace durante 30 minutos a 40 °C con agitación, y los analitos volátiles se equilibran entre el líquido y el headspace para luego adsorberse sobre la fase de la fibra. En la desorción térmica, la fibra se transfiere al inyector del GC, donde se calienta a 250 °C durante 5 minutos y libera los analitos hacia la columna. Finalmente, en la separación cromatográfica, los compuestos siguen el flujo del gas portador hacia el detector de masas. La técnica permite cuantificar terpenos, ésteres, alcoholes superiores y compuestos azufrados con buena reproducibilidad y bajos límites de detección, sin necesidad de una etapa previa de extracción con solventes. Los compuestos volátiles del pisco se agrupan en seis familias químicas de orígenes biológicos distintos (Figura 5).

Rutas de biosíntesis de los compuestos volátiles del pisco

Los compuestos volátiles del pisco se originan mediante tres rutas biosintéticas diferenciadas según su fuente de producción (Figura 5).

La ruta varietal comprende los compuestos que provienen directamente de la uva. Los monoterpenos libres como el linalool, el geraniol y el β-citronelol, que se encuentran en la baya en forma libre o conjugada con azúcares como glicósidos no volátiles, y se liberan durante la fermentación por hidrólisis enzimática o durante la destilación por hidrólisis ácida y térmica a alta temperatura y bajo pH (Black et al., 2015). Los norisoprenoides C13, entre los que destaca la β-damascenona, se originan por la escisión oxidativa de carotenoides como la β-carotena y la neoxantina presentes en la baya; los productos primarios de esta degradación se almacenan como glicósidos y se liberan como volátiles aromáticos durante la fermentación y el envejecimiento mediante hidrólisis enzimática y ácida (Mendes-Pinto, 2009).

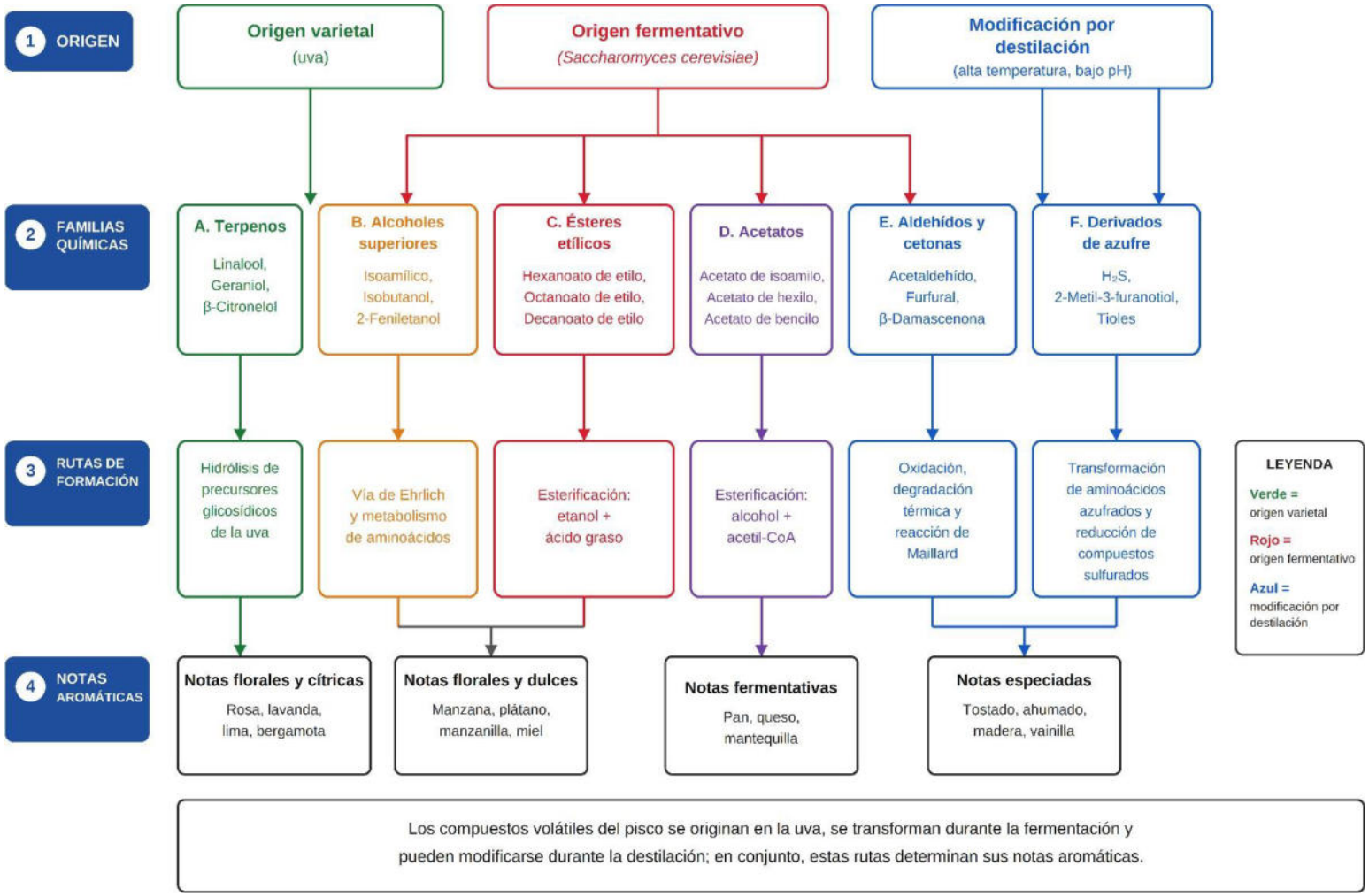
La ruta fermentativa opera mediante el metabolismo de Saccharomyces cerevisiae durante la fermentación alcohólica y genera dos grupos principales de compuestos. Los alcoholes superiores como el 3-metil-1-butanol y el 2-metil-1-propanol se producen por la vía de Ehrlich: los aminoácidos ramificados leucina, valina e isoleucina son transaminados a sus α-cetóacidos correspondientes, que se descarboxilan y reducen a los alcoholes de fusel mediante las enzimas Pdc, Aro10 y

las alcohol deshidrogenasas codificadas por los genes ADH (Hazelwood et al., 2008). Los ésteres etílicos de cadena media como el hexanoato, octanoato y decanoato de etilo se sintetizan por las enzimas Eht1p y Eeb1p, que catalizan la condensación entre ácidos grasos activados como acil-CoA y el etanol; mientras que los acetatos de alcoholes superiores, como el acetato de isoamilo, se forman por la esterificación del alcohol correspondiente con el acetil-CoA, catalizada por el alcohol acetiltransferasa Atf1p (Saerens et al., 2008; Verstrepen et al., 2003).

La ruta de modificación por destilación reúne los compuestos generados por las condiciones térmicas del alambique que corresponden a alta temperatura y bajo pH. El furfural se produce por pirólisis de azúcares residuales, el metanol, por hidrólisis de pectinas de la pared celular de la uva; y los compuestos fenólicos volátiles como el 4-etilguayacol y el 3-etilfenol derivan de la descarboxilación y reducción de ácidos hidroxicinámicos presentes en la fracción sólida del mosto (Tsakiris et al., 2014; Ubeda et al., 2023).

Figura 5

Orígenes, familias químicas y notas aromáticas de los compuestos volátiles del pisco



Nota. Adaptado de Swiegers et al. (2005), Black et al. (2015), Cacho et al. (2012a) y Cacho et al. (2012b).

Tres orígenes dan origen a la composición volátil del pisco. El origen varietal aporta compuestos procedentes de la uva, como precursores libres o glicosilados, principalmente terpenos. El origen fermentativo aporta los compuestos que las levaduras del género *Saccharomyces cerevisiae* sintetizan durante la fermentación alcohólica, entre ellos los alcoholes superiores, los ésteres etílicos, los acetatos, los aldehídos y los compuestos azufrados. La destilación, debido a las condiciones de alta temperatura y bajo pH, modifica la composición de las familias previamente formadas mediante hidrólisis, esterificación y reacciones de oxidación-reducción, lo que puede incrementar o disminuir la concentración de cada compuesto. Los compuestos volátiles que confieren los atributos aromáticos se describen a continuación.

Terpenos.

Los terpenos constituyen una de las principales clases de compuestos responsables del aroma de los vinos y otras bebidas derivadas de la uva. Esta categoría incluye monoterpenos, sesquiterpenos y norisoprenoides C13. En las uvas, pueden encontrarse tanto en forma libre o volátil como unidos a azúcares en forma glicosilada. Los compuestos glicosilados actúan como precursores aromáticos que se liberan durante la vinificación, ya sea por acción enzimática o por hidrólisis ácida. Entre los monoterpenos, destacan compuestos como el linalool y el 1,8-cineol, asociados a perfiles sensoriales florales y cítricos. Entre los sesquiterpenos, destaca la rotundona, responsable del carácter especiado o a pimienta negra en ciertos vinos. Los norisoprenoides C13, derivados de la degradación de carotenoides, incluyen compuestos como β-damascenona y β-ionona, asociados a aromas frutales y florales (Osorio et al., 2004).

Durante la destilación, los glicósidos pueden hidrolizarse y liberar terpenos libres. Las condiciones de alta temperatura y bajo pH también favorecen su oxidación y su degradación en compuestos de menor impacto aromático (Black et al., 2015).

Alcoholes.

En bebidas destiladas como el pisco, los alcoholes son compuestos clave del perfil volátil. El etanol es el principal componente, ya que es producto de la

fermentación y se concentra durante la destilación. También están presentes el metanol, formado a partir de pectinas y regulado por su toxicidad, y los alcoholes superiores como el propanol, el isobutanol y los amílicos. En niveles moderados, estos últimos aportan complejidad aromática, pero en concentraciones elevadas pueden afectar negativamente la calidad sensorial del destilado (Tsakiris et al., 2014).

Los alcoholes presentes en bebidas alcohólicas como el vino, la cerveza y el soju se describen como compuestos volátiles pertenecientes principalmente al grupo de los alcoholes superiores (de C2 a C6). Se forman durante la fermentación por descarboxilación y desaminación de aminoácidos a través de la vía de Ehrlich, así como por el metabolismo anabólico de azúcares. Estos alcoholes presentan un mayor peso molecular y una menor volatilidad que el etanol y actúan como intermediarios clave en la formación de ésteres, lo que influye en la composición aromática final de las bebidas (Jeong y Kim, 2025).

Desde el punto de vista cuantitativo, los alcoholes superiores predominantes en bebidas alcohólicas son los de cadena lineal, entre los cuales destacan el 1-propanol, el alcohol isobutílico (2-metil-1-propanol) y los alcoholes amílicos, que constituyen principalmente una mezcla de 2-metil-1-butanol y 3-metil-1-butanol. Estos compuestos, junto con sus ésteres derivados, presentan un aroma intenso y acre. En bajas concentraciones, aportan complejidad y estructura al perfil sensorial. En niveles elevados, sin embargo, presentan notas penetrantes que pueden enmascarar la fineza aromática. Este comportamiento resulta particularmente relevante en licores destilados como el brandy, el pisco, el ron y el whisky (Falqué et al., 2001).

Los ácidos volátiles constituyen un grupo importante de compuestos aromáticos en bebidas alcohólicas, que influyen tanto en la percepción del sabor ácido como en el perfil aromático general. Estos ácidos, que incluyen especies de bajo peso molecular como el ácido fórmico, el ácido acético, el ácido butanoico, el ácido hexanoico, el ácido octanoico y el ácido decanoico, se generan durante la fermentación alcohólica y se encuentran en bebidas como el vino, la cerveza y los espirituosos. Su presencia contribuye de manera significativa a la percepción de sabor ácido por parte de los consumidores y facilita la interacción entre el aroma, el

sabor y la sensación en boca. Estos compuestos actúan tanto en la vía ortonasal como en la retronasal y modulan los atributos sensoriales relacionados con la acidez y la complejidad del producto (Yan et al., 2024).

Ésteres etílicos.

Los ésteres etílicos de ácidos grasos de cadena media se generan durante la fermentación alcohólica por las levaduras, mediante la reacción entre el etanol y los ácidos orgánicos presentes en el mosto. Estos compuestos volátiles, entre los que se incluyen los ésteres etílicos de hexanoato, octanoato y decanoato, se asocian estrechamente con el aroma frutal y floral característico de estas bebidas y aportan notas aromáticas que potencian las percepciones sensoriales agradables del producto final (Paolini et al., 2022).

Los ésteres están presentes en los aguardientes frescos y, gracias a sus características aromáticas afrutadas, contribuyen de manera importante a su desarrollo aromático. En vinos se han identificado más de 160 ésteres, la mayoría de los cuales también están presentes en el pisco. La recuperación de estos compuestos varía entre el 40 y el 60 por ciento según la técnica de destilación empleada. Entre los ésteres de ácidos monocarboxílicos, los más importantes son los derivados de etanol y de ácidos carboxílicos saturados, como los correspondientes a los ácidos hexanoico (caproico), octanoico (caprílico) y decanoico (cáprico). Se ha observado, además, que el contenido de ésteres etílicos en los brandis aumenta con el envejecimiento, como consecuencia de la esterificación lenta de distintos ácidos orgánicos con etanol (Tsakiris et al., 2014).

Acetatos de alcoholes superiores.

Los acetatos de alcoholes superiores forman parte del grupo de ésteres volátiles presentes en el pisco y se originan principalmente durante la fermentación alcohólica del mosto. Estos compuestos se generan por reacciones de esterificación entre alcoholes y ácidos orgánicos, bajo la acción de enzimas esterasas producidas por las levaduras, o por condensación directa a partir del precursor del ácido acético, el acetil-CoA. Los acetatos derivados de alcoholes superiores son compuestos importantes de la fracción aromática del pisco. Entre los más relevantes se

encuentran el acetato de isoamilo, el acetato de 2-feniletilo y el acetato de etilo. Estos compuestos contribuyen significativamente al perfil sensorial del destilado y aportan notas aromáticas frutales y florales (Hidalgo et al., 2016).

Aldehídos y cetonas.

Los aldehídos y las cetonas son compuestos carbonílicos volátiles presentes en bebidas fermentadas y destiladas como el pisco. Se originan principalmente durante la fermentación alcohólica como intermediarios del metabolismo de los azúcares por las levaduras, y a partir de la degradación de aminoácidos, lípidos y otros compuestos de la uva. Aunque generalmente se encuentran en bajas concentraciones, poseen umbrales sensoriales bajos, por lo que contribuyen de manera significativa al aroma y al perfil sensorial de la bebida. Estos compuestos forman parte de la fracción volátil empleada para caracterizar químicamente los destilados y suelen identificarse mediante técnicas analíticas como GC-MS (Ubeda et al., 2023).

Las cetonas pueden generarse durante diversas reacciones metabólicas secundarias asociadas a la fermentación, o bien durante transformaciones químicas posteriores en el proceso de elaboración. Estos compuestos contribuyen al perfil aromático mediante notas sensoriales características que pueden variar desde aromas frutales y florales hasta notas oxidativas según su concentración (Napa Almeyda et al., 2023).

Derivados del azufre.

Los derivados del azufre constituyen un grupo de compuestos volátiles presentes en bajas concentraciones en bebidas fermentadas y destiladas, pero con una gran influencia en el aroma debido a sus bajos umbrales de percepción sensorial. En el pisco, estos compuestos pueden originarse principalmente durante la fermentación alcohólica, como subproductos del metabolismo de las levaduras, o bien mediante transformaciones químicas durante el proceso de destilación. Entre los compuestos identificados se encuentra el 2-metil-3-furanotiol, que aporta al perfil aromático del destilado atributos asociados al tostado (Cacho et al., 2013).

El pisco puede presentar trazas muy bajas de compuestos azufrados volátiles, como el sulfuro de hidrógeno, el sulfuro de carbonilo, el dióxido de azufre, los tioles y los sulfuros, que pueden generar aromas desagradables, como los de huevo podrido o de ajo. La identificación de estos compuestos resulta compleja debido a su alta volatilidad y a su baja concentración, por lo que su análisis requiere técnicas analíticas sensibles. La cromatografía de gases acoplada a detectores específicos de azufre, como el detector fotométrico de llama, es uno de los métodos más utilizados (Tsakiris et al., 2014).

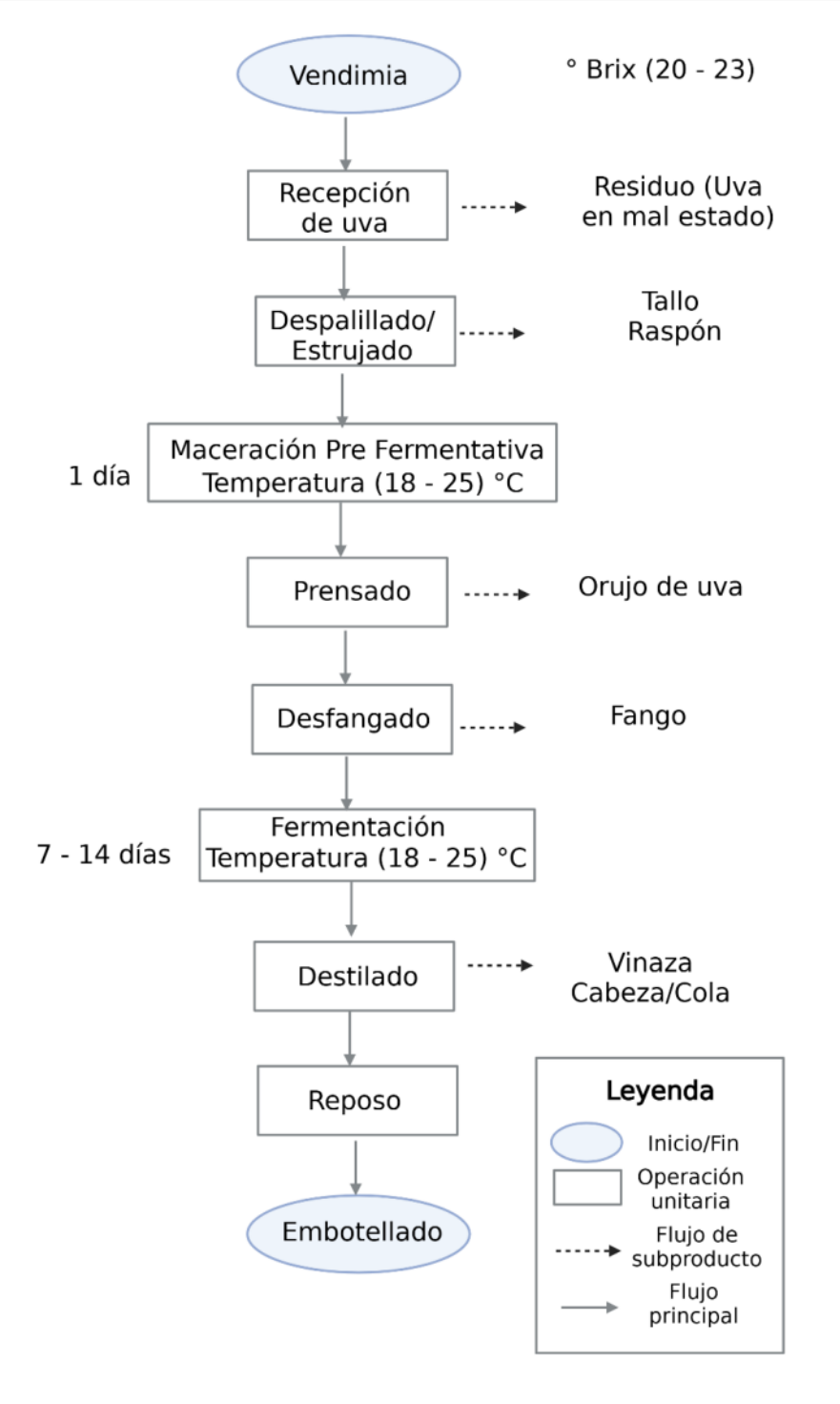
2.2.7. Elaboración de pisco

La elaboración del pisco está regulada por la Norma Técnica Peruana NTP 211.001 y el Reglamento de la Denominación de Origen Pisco, emitidos por INDECOPI, que establecen el conjunto de operaciones permitidas, los insumos autorizados y los requisitos físico-químicos del producto final. De acuerdo con Palma et al. (2025), el proceso productivo comprende diez etapas secuenciales: cosecha, despalillado, estrujado, maceración, desfangado, prensado, fermentación, destilación, reposo oxidativo, y filtración y embotellado. Cada una de estas etapas influye directamente sobre la composición química y el perfil aromático del producto final.

El proceso de producción del pisco comienza con la recolección de las uvas, que se realiza entre la quincena de enero y mediados de abril. Las uvas, provenientes de viñedos en la costa peruana, son seleccionadas con cuidado según su contenido de azúcar, madurez, peso y aroma. Los productores aseguran que las uvas posean entre 20 y 23 grados Brix, y descartan aquellas que están demasiado verdes o muy maduras debido a su bajo contenido aromático. Una vez seleccionadas, las uvas se transportan en camiones, se pesan y se descargan en pozos de recepción, que pueden ser de cemento recubierto o de acero inoxidable. Estos pozos están equipados con sinfines que conducen las uvas a las máquinas despalilladoras horizontales, donde son estrujadas (Figura 4) (Huamán et al., 2016).

Figura 6

Diagrama de operaciones para la elaboración de pisco



Nota. Adaptado de Huamán et al. (2016).

Vendimia.

Es el proceso inicial en el que se cosechan las uvas. Las uvas seleccionadas deben encontrarse en su punto óptimo de maduración, ya que de ello depende la calidad del mosto. Esta etapa se realiza de manera manual o mecánica, cuidando la materia prima.

Recepción de uva.

Las uvas empleadas son principalmente de variedades aromáticas, como Moscatel, Italia, Albilla y Torontel, y de variedades no aromáticas, como Quebranta, Mollar, Negra Criolla y Uvina. Se seleccionan con cuidado y se cosechan manualmente para evitar daños, en su punto óptimo de maduración, cuando alcanzan un balance ideal de azúcar entre 20 y 23 grados Brix y de acidez (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019).

Despalillado y estrujado.

Los racimos de uva se separan de sus tallos o escobajos, lo que evita que el mosto adquiera sabores amargos o indeseables. Para la molienda, las uvas se trituran y se extrae el mosto. Este proceso se realiza de forma tradicional mediante el pisado, mientras que en producciones industriales se emplean estrujadoras mecánicas (Huamán et al., 2016).

Maceración prefermentativa.

El mosto se vierte en recipientes de fermentación, que pueden ser de acero inoxidable o de cemento, donde se inicia la fermentación alcohólica. Las levaduras, ya sean naturales presentes en la piel de las uvas o añadidas, transforman los azúcares del mosto en alcohol. En esta etapa transcurre un periodo de 24 h antes del traslado al equipo de prensado.

Prensado.

Las uvas se prensan para extraer el mosto. El prensado debe controlarse para evitar la extracción excesiva de taninos y otros compuestos de las pieles y semillas, lo que podría afectar la calidad del pisco.

Desfangado.

El mosto obtenido pasa por un proceso de clarificación, en el que se eliminan los sólidos en suspensión, como restos de piel, pulpa y semillas. Esto garantiza que el mosto esté limpio antes de la fermentación.

Fermentación.

El mosto se coloca en tinas de fermentación de acero inoxidable o de cemento, donde se inicia la fermentación alcohólica. Las levaduras presentes en la piel de las uvas, o las añadidas, convierten los azúcares del mosto en alcohol. Este proceso puede durar entre 7 y 14 días, según la temperatura y el tipo de uva. No se permite la adición de agua ni de azúcar, con el fin de mantener un proceso 100 por ciento natural. Al final de la fermentación se obtiene un mosto fermentado listo para destilar.

Destilado.

El vino fermentado se lleva a un alambique de cobre, donde se calienta para separar los compuestos mediante destilación. A diferencia de otros destilados, el pisco solo se destila una vez, lo que permite conservar más aromas y sabores originales de la uva.

Reposo.

Tras la fermentación y la destilación, el pisco entra en una fase de reposo en la que se estabilizan sus componentes aromáticos y se clarifica de forma natural. Este proceso puede durar entre 3 meses y un año, según el producto final deseado.

Reposo y envasado.

El pisco recién destilado debe reposar al menos tres meses en recipientes de vidrio o de acero inoxidable, que no alteren su color ni introduzcan sabores externos. Durante el reposo, el pisco madura y sus sabores se armonizan, lo que suaviza el alcohol y desarrolla su perfil aromático. Una vez reposado, el pisco se embotella sin pasar por ningún proceso de dilución y mantiene su graduación alcohólica natural, que oscila entre 38 y 48 por ciento de volumen.

2.2.8. Análisis sensorial

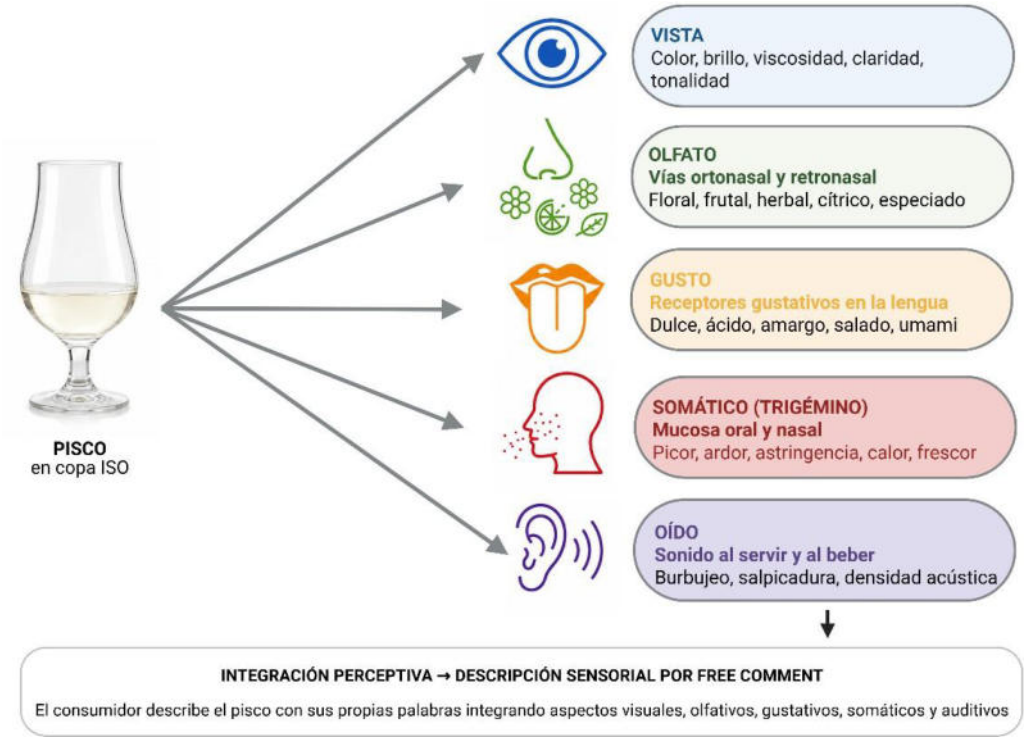
Stone y Sidel (2004) definen el análisis sensorial como una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones ante las características de los alimentos y los materiales, según se perciben a través de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído. En este enfoque, el ser humano se convierte en el instrumento de medición de los métodos de análisis sensorial empleados para caracterizar los productos (Arnaud, 2016).

Desde hace más de treinta años, otros campos distintos de la industria alimentaria han abierto sus puertas a la ciencia sensorial. Entre los más representativos se encuentran los sectores de cosmética, automotriz, productos de higiene, envasado, ingeniería mecánica y, más recientemente, mueblería, alimentos para mascotas, textil y publicidad (Arnaud, 2016).

La percepción sensorial humana durante la cata de bebidas resulta de la integración cerebral de múltiples vías sensoriales que operan simultáneamente. La Figura 7 muestra el esquema de estas vías durante la evaluación sensorial del pisco.

Figura 7

Vías de la evaluación multisensorial durante la evaluación sensorial de bebidas



Nota. Adaptado de Lawless y Heymann (2010) y Spence (2015).

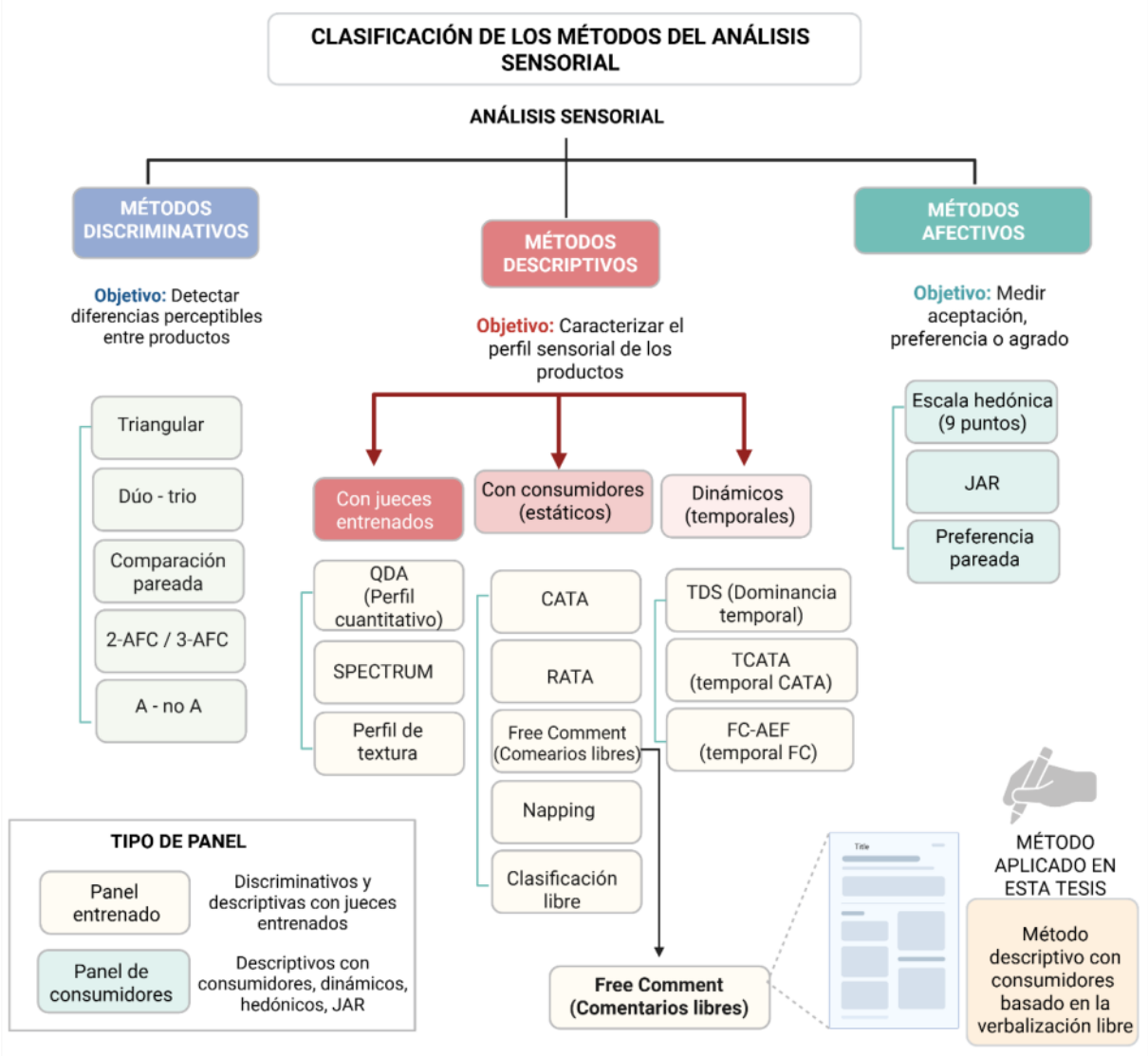
La vía visual capta aspectos como el color, el brillo, la viscosidad, la claridad y la tonalidad de la bebida al observar la copa, e influye en la expectativa global del consumidor antes incluso de la cata (Spence, 2015). La vía olfativa opera a través de dos rutas. En la ruta ortonasal, los compuestos volátiles entran por la nariz cuando el catador inhala el aroma del producto en la copa. En la ruta retronasal, los compuestos volátiles ascienden desde la cavidad oral hacia la cavidad nasal cuando el producto se encuentra en la boca y se asocian con las notas florales, frutales, herbales, cítricas y especiadas (Spence, 2015; Lawless y Heymann, 2010). La vía gustativa opera mediante los receptores gustativos de la lengua y capta las cinco modalidades básicas: dulce, ácido, amargo, salado y umami (Lawless y Heymann, 2010). La vía somática opera a través del nervio trigémino, que inerva la mucosa oral y la cavidad nasal, y capta sensaciones como el picor, el ardor, la astringencia, el calor y el frescor (Pires et al., 2020; Spence, 2015). La vía auditiva interviene durante el servicio y la ingesta, en los que el sonido del líquido al verterse y al beberse aporta información sobre la densidad acústica, el burbujeo y la salpicadura (Spence, 2015).

Las cinco vías convergen en la integración perceptiva cerebral, donde el consumidor construye una descripción sensorial global. Cuando se utiliza un método como el Free Comment, esta descripción se traduce en palabras propias del consumidor que integran aspectos visuales, olfativos, gustativos, somáticos y auditivos del producto.

Los métodos de análisis sensorial se clasifican en tres grandes familias según su objetivo. La Figura 8 presenta la taxonomía completa de los métodos disponibles.

Figura 8

Clasificación de los métodos de análisis sensorial



Nota. Adaptado de Stone y Sidel (2004), Lawless y Heymann (2010), Valentin et al. (2012), Varela y Ares (2012) y Schlich (2017).

Propiedades sensoriales.

La caracterización sensorial de los productos alimentarios resulta fundamental para comprender cómo los consumidores perciben un alimento y qué tan aceptable lo encuentran. Para ello, se emplean diversos métodos sensoriales que varían en su aplicación, alcance y limitaciones (Lawless y Heymann, 2010).

Métodos discriminativos.

Los métodos discriminativos se emplean para identificar diferencias perceptibles entre muestras o para determinar si los productos pueden considerarse sensorialmente similares. No proporcionan, sin embargo, información sobre la naturaleza ni la intensidad de dichas diferencias (Rousseau, 2015).

Entre sus principales ventajas destacan su simplicidad de aplicación, su menor requerimiento de panelistas y su alta capacidad para detectar diferencias. Presentan, no obstante, limitaciones, ya que no permiten describir la naturaleza ni la intensidad de dichas diferencias, ni evaluar la aceptación del consumidor (Harry T. Lawless & Hildegarde Heymann, 2010)

Diversos estudios han aplicado métodos discriminativos en alimentos y bebidas para evaluar diferencias sensoriales. Ishii et al. (2007) utilizaron pruebas discriminativas para analizar diferencias perceptibles entre muestras y evidenciaron su utilidad para detectar variaciones sensoriales, aunque sin describir atributos específicos.

Métodos descriptivos.

Los métodos descriptivos permiten caracterizar las diferencias sensoriales entre productos y proporcionan información cualitativa y cuantitativa detallada sobre atributos sensoriales como el aroma, el sabor y la textura. Estos métodos se subdividen en tres grupos según el tipo de panel y el carácter temporal de la evaluación.

Los métodos con jueces entrenados, entre los que se encuentran el QDA, el Spectrum y el texture profile, requieren un panel previamente seleccionado y entrenado durante semanas para alcanzar consenso sobre una lista de descriptores y sobre las escalas de intensidad. El QDA, en particular, produce perfiles cuantitativos

con alta repetibilidad y permite detectar diferencias sutiles entre productos similares (Stone y Sidel, 2004; Varela y Ares, 2012).

Los métodos con consumidores no entrenados, también llamados métodos rápidos, evalúan los productos sin entrenamiento previo y reflejan directamente la percepción del consumidor en su lenguaje cotidiano. Los principales métodos son CATA, RATA, Free Comment, Napping y Free sorting (Valentin et al., 2012). Estos métodos resultan particularmente apropiados cuando se busca capturar el vocabulario espontáneo del consumidor o cuando los recursos para entrenar un panel son limitados.

Los métodos dinámicos o temporales capturan la evolución de la percepción a lo largo del tiempo de degustación. Incluyen el TDS (temporal dominance of sensations), el TCATA (temporal CATA) y el FC-AEF (Free Comment temporal con divisiones en attack, evolution y finish). Estos métodos son particularmente útiles para bebidas alcohólicas como el pisco, en las que la percepción evoluciona desde el aroma inicial hasta el retrogusto, pasando por la sensación en boca y la astringencia (Schlich, 2017).

Su implementación requiere una inversión considerable de tiempo y recursos debido a los procesos de selección, entrenamiento y calibración del panel cuando se opta por un método con jueces entrenados.

Ares y Jaeger (2013) indican que los métodos descriptivos con paneles entrenados permiten obtener resultados sensoriales precisos y consistentes, mientras que los métodos rápidos con consumidores capturan la percepción tal como la describe el consumidor en su propio lenguaje, lo que aporta validez ecológica adicional al estudio.

Métodos afectivos.

Los métodos afectivos se emplean para evaluar la aceptación, la preferencia o el agrado del consumidor frente a un producto, y proporcionan una medida directa de aquello que le agrada o desagrada. Generalmente se aplican mediante escalas hedónicas y pruebas de preferencia con consumidores no entrenados. No obstante, no ofrecen información detallada sobre los atributos sensoriales específicos que influyen en dicha aceptación (Hein et al., 2008).

En el caso de las bebidas alcohólicas, los métodos afectivos se han utilizado con frecuencia para medir el nivel de aceptación por parte del consumidor. Sáenz Navajas et al. (2013) evaluaron vinos con consumidores no entrenados y escalas de agrado, y mostraron que estas metodologías permiten identificar qué tan aceptado es un producto. Los autores, sin embargo, señalan que este tipo de análisis no permite explicar con precisión qué atributos sensoriales influyen en dicha preferencia. La combinación de métodos afectivos con métodos descriptivos permite identificar los descriptores sensoriales que actúan como impulsores (drivers) de la aceptación.

2.2.9. Free Comment

El método de comentario libre, o Free Comment, es una técnica de evaluación sensorial centrada en el consumidor que permite describir productos con sus propias palabras, sin restricciones ni listas predefinidas de atributos. Su propósito es obtener información cualitativa rica y espontánea, que puede transformarse en datos cuantificables para comparar productos y construir un vocabulario generado por los propios consumidores. Se posiciona como un método descriptivo con consumidores no entrenados (Figura 8), por lo que resulta especialmente adecuado para capturar la percepción tal como la formula la población objetivo del producto.

A diferencia de los métodos estructurados como Check All That Apply, el Free Comment favorece descripciones espontáneas, abiertas y ecológicamente válidas, y captura la forma en la cual los individuos expresan sus experiencias sensoriales de manera natural (Ares et al., 2010). Esta característica evita los sesgos asociados al uso de listas a priori, en particular el efecto de descarga, el sesgo de aquiescencia y el sesgo de orden de presentación de los descriptores (Coulon-Leroy et al., 2017; Krosnick, 1999).

El método fue introducido en estudios de consumo por ten Kleij y Musters (2003) y se ha consolidado como una herramienta útil para captar percepciones naturales y no dirigidas. Según Varela y Ares (2012), este método permite a los consumidores describir los productos con sus propias palabras, sin restricciones predefinidas, y proporciona información cualitativa valiosa que facilita las comparaciones entre productos.

En el ámbito de las bebidas alcohólicas, diversos estudios han aplicado metodologías basadas en descriptores libres para caracterizar la percepción del consumidor. Sáenz Navajas et al. (2013) evidenciaron que los consumidores pueden identificar atributos sensoriales relevantes de los vinos a partir de su propia percepción. Parr et al. (2002) demostraron que los evaluadores emplean su propio lenguaje para describir características sensoriales. Hopfer y Heymann (2013) señalaron que estos enfoques permiten obtener perfiles sensoriales representativos a partir de descripciones espontáneas. Mahieu et al. (2020) realizaron la comparación más exhaustiva del Free Comment frente al CATA en condiciones de evaluación domiciliaria con consumidores de vino, y demostraron que el Free Comment genera más descriptores con mayor poder discriminante y captura atributos que el CATA no contempla en su lista a priori. Visalli et al. (2023) extendieron el método a la dimensión temporal mediante el Free Comment Attack-Evolution-Finish.

El análisis de los datos del Free Comment requiere un pretratamiento del verbatim recolectado para construir una tabla de contingencia que cruce los productos con los descriptores. Las descripciones se segmentan en sub-comentarios según las ideas expresadas, se corrigen errores ortográficos, se lematizan los términos a su forma canónica y se agrupan los sinónimos en una sola categoría (Mahieu et al., 2021). El resultado es una matriz binaria o de conteos donde cada fila corresponde a un producto y cada columna a un descriptor.

Sobre esta tabla de contingencia se aplican análisis estadísticos basados en el marco chi-cuadrado. Mahieu et al. (2021) propusieron un marco de chi-cuadrado de respuesta múltiple, mejor adaptado a la estructura de los datos del Free Comment que el chi-cuadrado clásico, ya que considera como unidad experimental la evaluación completa (vector de citas de un producto por un consumidor) en lugar de la cita individual. Este marco modifica los conteos esperados bajo la hipótesis nula y produce resultados consistentes incluso cuando los productos elicitan tasas de citación distintas, situación habitual en la evaluación de bebidas alcohólicas. Sobre la tabla de contingencia se aplica además el análisis de correspondencias para visualizar las asociaciones entre productos y descriptores en un plano factorial,

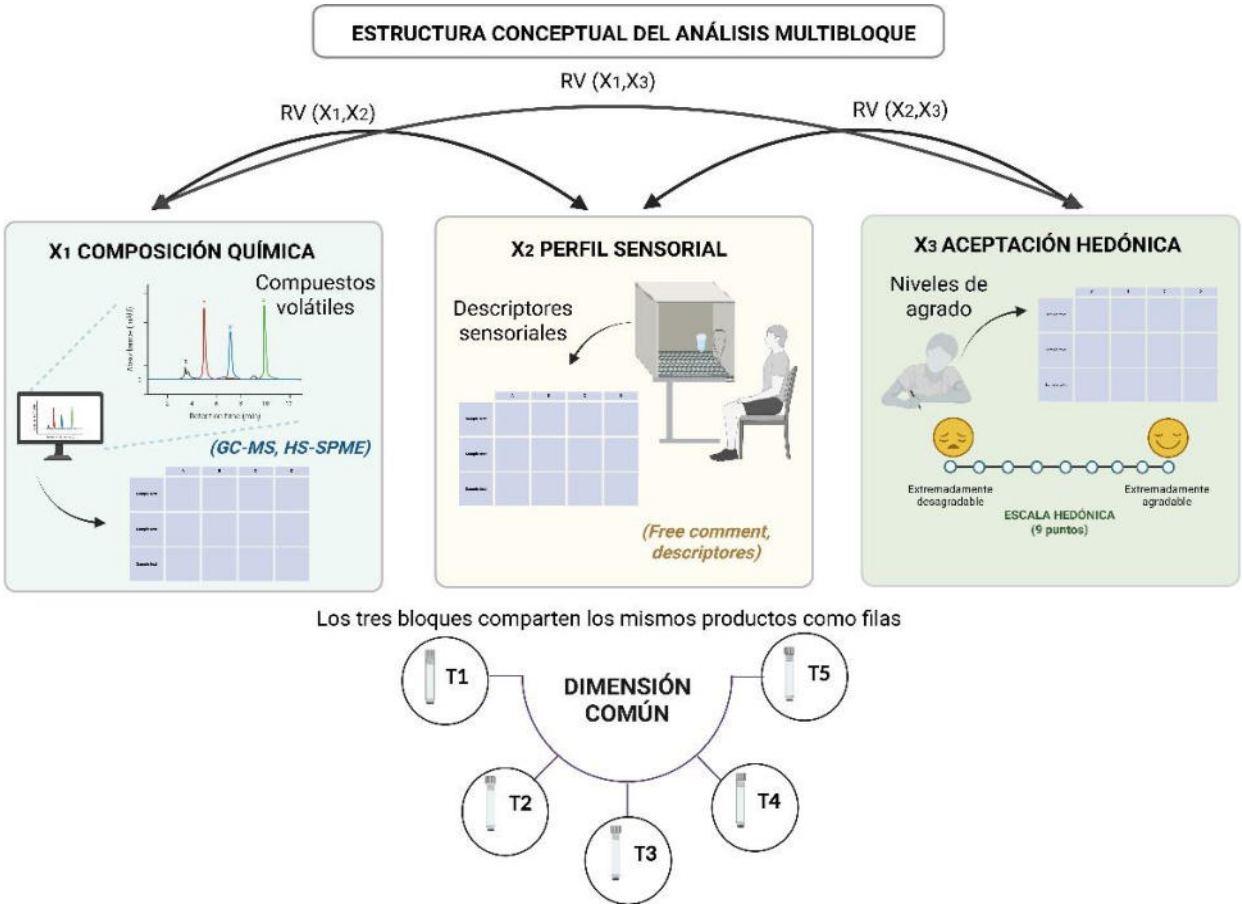
complementado con elipses de confianza obtenidas por bootstrap total con rotaciones de Procrustes (Cadoret y Husson, 2013).

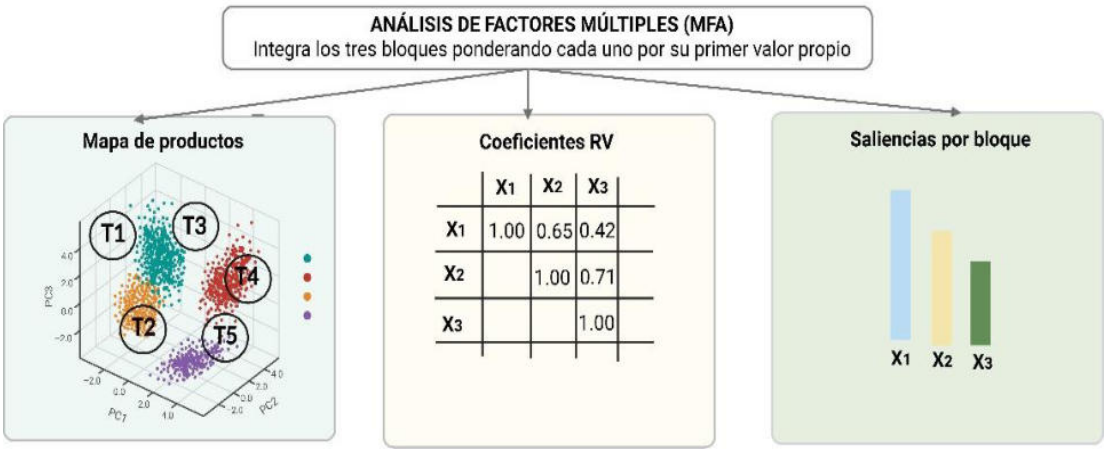
2.2.10. Análisis estadístico multibloque

El análisis multibloque integra simultáneamente varias matrices de datos que comparten una dimensión común, típicamente los productos. En el contexto de la presente tesis, los tres bloques de datos son: la composición química obtenida por GC-MS (X_1), los descriptores sensoriales obtenidos mediante Free Comment (X_2) y la aceptación hedónica obtenida mediante una escala de 9 puntos (Y). La Figura 9 presenta la estructura conceptual del análisis multibloque.

Figura 9

Estructura conceptual del análisis multibloque con tres bloques de datos





Nota. Adaptado de Escofier y Pagès (1994), Pagès y Tenenhaus (2001) y Robert y Escoufier (1976).

Los tres bloques se organizan en matrices, con filas de productos y columnas de variables específicas de cada bloque. La dimensión común es la de los productos, lo que permite aplicar técnicas estadísticas que integran la información de los tres bloques en un mapa de consenso. El alineamiento entre cada par de bloques se cuantifica mediante el coeficiente RV propuesto por Robert y Escoufier (1976), que extiende el coeficiente de correlación al caso de dos matrices y toma valores entre 0 y 1, donde valores próximos a 1 indican un fuerte alineamiento estructural entre los bloques.

Análisis factorial múltiple.

El análisis factorial múltiple (MFA) propuesto por Escofier y Pagès (1994) integra los tres bloques mediante una ponderación que normaliza la varianza de cada bloque respecto del primer autovalor de su análisis individual. Esta ponderación garantiza que ningún bloque domine el análisis conjunto por el mero hecho de contar con más variables o una mayor varianza. El resultado del MFA es un mapa consenso donde los productos se proyectan en un plano factorial, complementado por una matriz de coeficientes RV entre bloques y por un gráfico de saliencias que cuantifica la contribución de cada bloque a cada dimensión de consenso.

La extensión del MFA al caso de tablas de frecuencias (MFACT) permite incluir bloques de naturaleza distinta, como los datos cuantitativos de GC-MS y los datos categóricos de Free Comment, en un mismo análisis. La ponderación específica de los bloques de frecuencias en función de sus marginales de fila garantiza la coherencia estadística del análisis integrador (Bécue-Bertaut y Pagès, 2008).

Análisis de componentes comunes y pesos específicos (ComDim).

El método ComDim, propuesto por Qannari et al. (2000) y extendido al modelado de rutas por Cariou et al. (2018), busca dimensiones comunes que maximizan la varianza explicada de forma simultánea en los tres bloques. Para cada dimensión común se calculan saliencias por bloque, que cuantifican la contribución relativa de cada matriz a dicha dimensión, y coordenadas de producto en el espacio común. La ortogonalidad entre dimensiones consecutivas se garantiza por construcción.

La aplicación del ComDim a tres bloques de datos en el contexto de bebidas alcohólicas permite identificar las dimensiones latentes compartidas entre la composición química, la percepción sensorial y la aceptación, así como el papel relativo de cada bloque en cada dimensión común. Mazerolles et al. (2006) demostraron la utilidad del método en matrices alimentarias complejas.

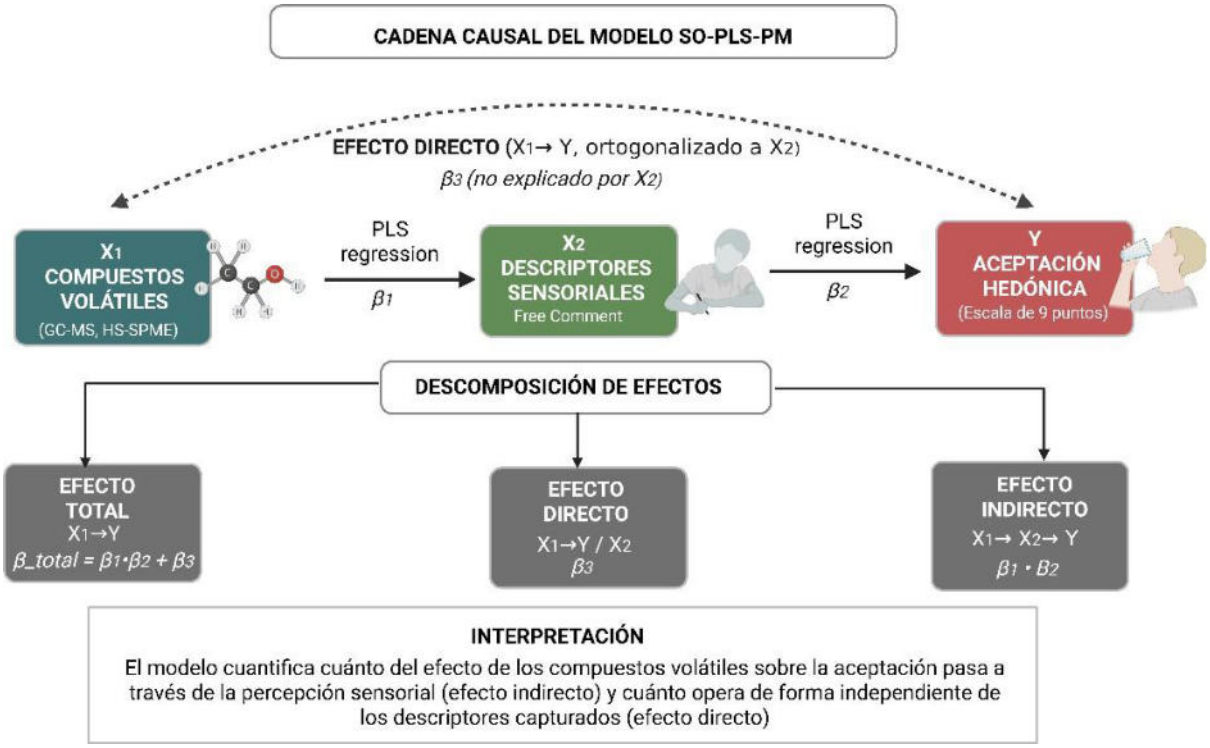
Modelado de rutas SO-PLS-PM.

El modelado de rutas mediante regresión por mínimos cuadrados parciales secuenciales y ortogonalizados (SO-PLS-PM), propuesto por Næs et al. (2011),

establece una cadena causal entre los bloques de datos. La Figura 10 presenta la cadena causal del modelo aplicado a la presente tesis.

Figura 10

Cadena causal del modelo SO-PLS-PM con descomposición de efectos



Nota. Adaptado de Næs et al. (2011), Cariou et al. (2018) y Niimi et al. (2018).

El modelo establece dos etapas de regresión secuenciales. En la primera etapa, los compuestos volátiles (X_1) explican los descriptores sensoriales (X_2) mediante una regresión PLS, con el coeficiente β_1. En la segunda etapa, los descriptores sensoriales (X_2) explican la aceptación hedónica (Y) mediante una regresión PLS adicional, con el coeficiente β_2. Adicionalmente, el modelo permite estimar un efecto directo (β_3) de los compuestos volátiles sobre la aceptación, ortogonalizado respecto a los descriptores sensoriales, que cuantifica la contribución de la composición química no capturada por la verbalización del consumidor.

La descomposición del efecto se expresa en tres componentes. El efecto total $\beta_{total} = \beta_1 \cdot \beta_2 + \beta_3$ corresponde a la influencia global de los compuestos volátiles sobre la aceptación. El efecto indirecto $\beta_1 \cdot \beta_2$ corresponde a la parte del efecto que pasa a través de la percepción sensorial. El efecto directo β_3 corresponde a la parte del efecto que opera de forma independiente de los descriptores capturados por el Free Comment. Niimi et al. (2018) aplicaron este enfoque a vinos Cabernet Sauvignon y demostraron que la descomposición revela aspectos de la composición química que influyen en la aceptación sin pasar necesariamente por la verbalización explícita del consumidor.

Mapa de preferencia externo.

El mapa de preferencia externo combina las técnicas anteriores con el objetivo de visualizar simultáneamente las posiciones de los productos en el plano sensorial y la dirección de la preferencia del consumidor. Sobre el mapa de consenso obtenido por MFA o ComDim se superponen vectores que indican la dirección de máximo agrado para cada consumidor o para cada segmento de consumidores. Los productos situados en la dirección del vector de preferencia son los preferidos por el segmento correspondiente. La técnica permite identificar segmentos de consumidores con preferencias diferenciadas y caracterizar cada segmento mediante los descriptores sensoriales y los compuestos volátiles asociados a sus productos preferidos (Husson et al., 2005).

2.3. Definición de términos

Compuestos volátiles.

Son moléculas orgánicas que presentan una alta presión de vapor a temperatura ambiente, lo que les permite evaporarse con facilidad y ser percibidas por el olfato. Estos compuestos resultan fundamentales para la formación de los perfiles aromáticos y de sabor de los alimentos y bebidas, ya que son responsables de la mayoría de los aromas percibidos durante el consumo (Wardencki et al., 2003).

Cromatografía de gases.

La cromatografía de gases es una técnica analítica que se utiliza para separar, identificar y cuantificar compuestos volátiles y gases presentes en una mezcla. Se basa en el principio de separación de los componentes según sus diferentes afinidades por una fase estacionaria, generalmente un líquido o un sólido, y por una fase móvil gaseosa. La fase móvil es un gas inerte, como el helio o el nitrógeno, que transporta los compuestos a través de una columna cromatográfica (Herraiz et al., 1990; Charapitsa et al., 2021).

Espectrometría de masas.

La espectrometría de masas es una técnica analítica que se utiliza para identificar y cuantificar los compuestos químicos en una muestra mediante la medición de la relación entre la masa y la carga de sus iones. Esta técnica permite obtener información detallada sobre la estructura molecular de los compuestos y su abundancia relativa (López Vázquez et al., 2010; Cacho et al., 2013).

Free comment.

Es una técnica sensorial cualitativa en la que los evaluadores expresan libremente sus impresiones sobre un producto, sin restricciones de escalas ni de atributos predefinidos. Permite descripciones espontáneas de atributos sensoriales, como sabor, aroma, textura y apariencia, y proporciona una visión detallada y rica de la experiencia con el producto (Symoneaux et al., 2012; Mahieu et al., 2020).

Escala hedónica.

La escala hedónica es una herramienta psicométrica utilizada en estudios sensoriales para medir la respuesta afectiva de los consumidores hacia un producto, con base en el agrado o desagrado que este les provoca (Lawless y Heymann, 2010; Hein et al., 2008).

Ciencia sensorial y del consumidor.

Es una disciplina interdisciplinaria que estudia cómo las personas perciben y responden a las propiedades sensoriales de los productos, como el sabor, el olor, la

textura y la apariencia. Integra herramientas analíticas, estadísticas y de psicología del consumidor para comprender la experiencia con productos alimentarios y bebidas (Stone y Sidel, 2004; Varela y Ares, 2012).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

El estudio fue de tipo experimental y de nivel explicativo. Se manipuló la proporción de pisco aromático (PA) y pisco no aromático (PNA) como variable independiente para evaluar su efecto sobre la composición volátil, el perfil sensorial y la aceptación de las mezclas resultantes. El nivel explicativo permitió establecer relaciones causales entre la proporción de mezcla y las características químicas y sensoriales del producto, más allá de una caracterización descriptiva de los piscos.

3.2. Ámbito temporal y espacial

La fase experimental se desarrolló entre abril y agosto de 2025 con muestras de pisco de la cosecha 2019. La selección de la cosecha 2019 respondió a la disponibilidad efectiva del producto en la Bodega Antonio Biondi e Hijos al momento de la adquisición de las muestras. Esto es consistente con la dinámica habitual de comercialización del pisco, donde el producto no se libera al mercado inmediatamente después de la destilación, sino que permanece en reposo durante un periodo de 3 a 4 años antes de su venta, tiempo en el que se estabilizan sus características organolépticas y su composición volátil. En consecuencia, al momento de la recolección de las muestras, la cosecha 2019 constituía el lote disponible en stock comercial de la bodega, dentro del flujo constante de añejamiento y salida al mercado que caracteriza la producción artesanal de pisco en la región.

Restringir el estudio a un único año de producción redujo la variabilidad interanual de los compuestos volátiles asociada a factores agroclimáticos y de elaboración.

Las muestras procedieron de la bodega Biondi e Hijos, ubicada en la región Moquegua. La bodega aportó dos variedades representativas de los estilos producidos en el sur del Perú, lo que permitió cubrir un amplio rango de perfiles aromáticos en las mezclas evaluadas.

La determinación de los compuestos volátiles se realizó en la Central Multiusuaria de Bioquímica y Análisis Instrumental de la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), São Paulo, Brasil. La evaluación sensorial se realizó en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua (UNAM), Perú.

3.3. Población y muestra

Las muestras correspondieron a dos variedades de pisco elaboradas por la bodega Biondi e Hijos en la cosecha 2019, una aromática (var. Italia) y una no aromática (var. Negra Criolla). Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia, una estrategia aceptada en la investigación sensorial de bebidas alcohólicas cuando la unidad de análisis es un producto específico y el objetivo es caracterizar su perfil aromático químico-sensorial (Francis & Williamson, 2015; Obreque-Slier et al., 2024). Las muestras empleadas correspondieron a piscos comerciales elaborados por la bodega Biondi e Hijos a partir de uvas de la cosecha 2019, lo que permitió reducir la variabilidad asociada a diferencias temporales en la materia prima, en las condiciones agroclimáticas y en el proceso de elaboración. De este modo, las diferencias observadas entre tratamientos se atribuyeron principalmente a las proporciones de mezcla entre pisco aromático y pisco no aromático. Antes del análisis, se verificó que las botellas estuvieran herméticamente cerradas, sin daños físicos visibles ni signos de alteración que pudieran comprometer la composición volátil del destilado.

Una vez recolectadas, las muestras se almacenaron en botellas de vidrio herméticamente cerradas, a temperatura ambiente, en oscuridad, alejadas de fuentes de calor y humedad. Estas condiciones permitieron limitar la oxidación y preservar la composición volátil hasta el momento del análisis.

3.4. Instrumentos

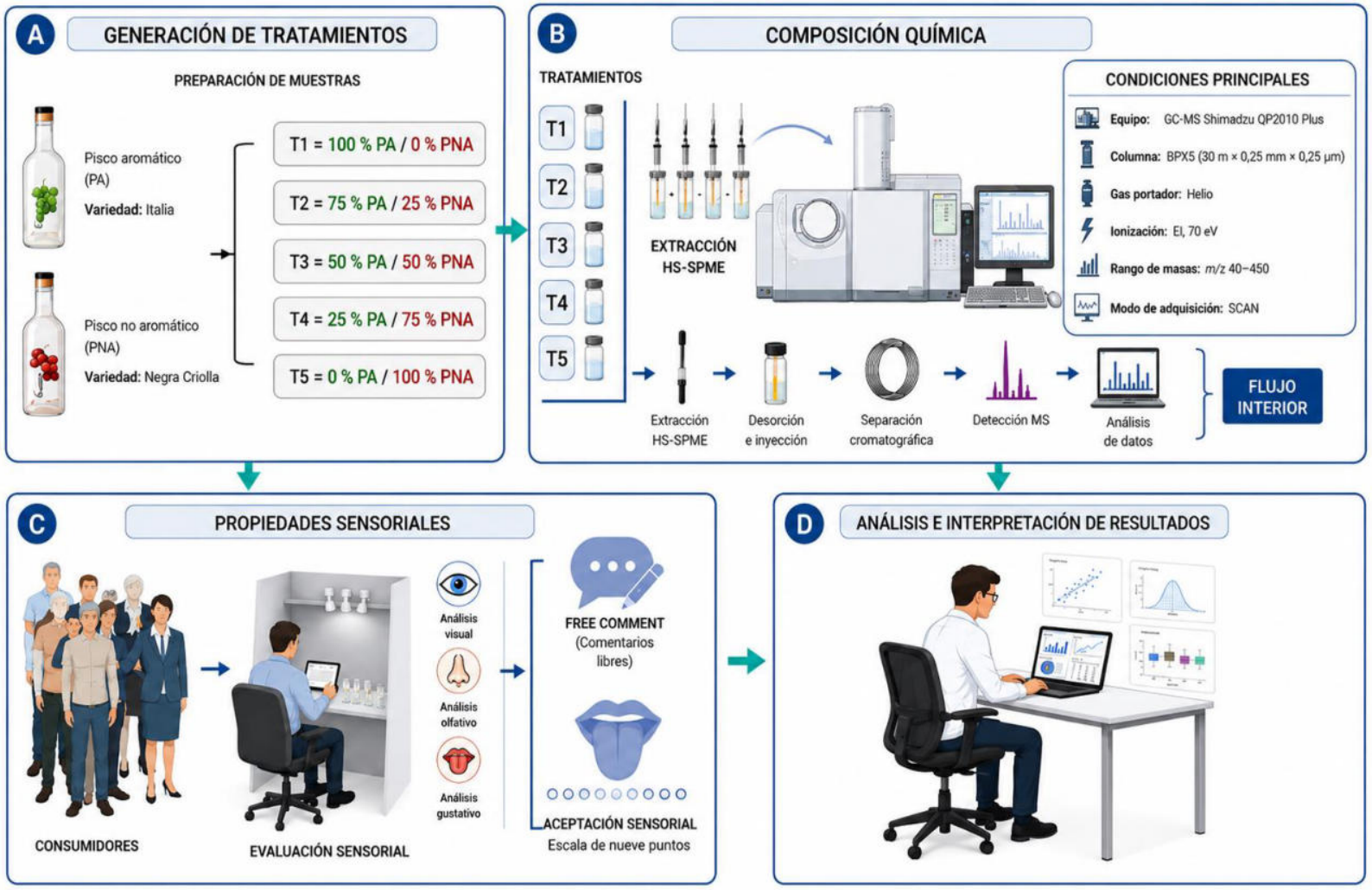
Los materiales, equipos, reactivos e insumos utilizados en la presente tesis se describen en las secciones correspondientes a la preparación de muestras, al análisis de compuestos volátiles y al análisis sensorial de las muestras de pisco.

3.5. Procedimientos

El estudio se desarrolló en tres fases secuenciales (Figura 11). La primera generó los cinco tratamientos mediante mezclas binarias de pisco aromático (PA, variedad Italia) y pisco no aromático (PNA, variedad Negra Criolla). La segunda caracterizó la composición volátil de cada tratamiento por cromatografía de gases. La tercera evaluó la respuesta sensorial de los consumidores mediante Free Comment y prueba de aceptación. Las subsecciones 3.5.1 a 3.5.3 detallan cada fase

Figura 11

Esquema utilizado en la presente tesis



Nota. Elaboración propia

3.5.1. Preparación de las muestras

Los cinco tratamientos se prepararon mediante una mezcla volumétrica de pisco aromático (PA, variedad Italia) y pisco no aromático (PNA, variedad Negra Criolla), con un volumen final de 1 L por tratamiento. Las proporciones de PNA fueron 0:100 (T1), 25:75 (T2), 50:50 (T3), 75:25 (T4) y 100:0 (T5). Los tratamientos T1 y T5 correspondieron a piscos puros, mientras que T2, T3 y T4 correspondieron a mezclas acholadas, según el esquema mostrado en la Figura 5. Los análisis cromatográficos y sensoriales se realizaron dentro de las 24 h posteriores a la preparación.

3.5.2. Análisis cromatográfico de las muestras de Pisco (Objetivo 1)

Preparación de la muestra.

El análisis de compuestos volátiles se realizó mediante microextracción en fase sólida en espacio de cabeza acoplada a cromatografía de gases con espectrometría de masas (HS-SPME-GC-MS). Para cada análisis, se transfirió una alícuota de 5 mL de pisco a un vial de vidrio ámbar y se adicionaron 3 mL de solución acuosa de NaCl al 25 % (p/v), con el propósito de favorecer el efecto salting-out y facilitar el desplazamiento de los compuestos volátiles hacia el espacio de cabeza. Asimismo, se incorporó 0,5 µL de L-carvona como estándar interno, hasta alcanzar una concentración final de 12 µg/L. Los viales fueron cerrados herméticamente con tapa y septum, y se acondicionaron en baño de agua a 40 ± 1 °C durante 10 min antes de la extracción. Posteriormente, la fibra SPME se expuso al espacio de cabeza del vial para la extracción de compuestos volátiles. Finalizada la extracción, la fibra se introdujo en el inyector del cromatógrafo de gases para la desorción térmica, separación cromatográfica e identificación de los compuestos.

Microextracción en fase sólida en el espacio de cabeza.

Los compuestos orgánicos volátiles se extrajeron del espacio de cabeza mediante microextracción en fase sólida (HS-SPME), siguiendo la metodología descrita previamente por Wardencki et al. (2003) y Liu et al. (2022). Se empleó una fibra de divinilbenceno/carboxeno/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS; Supelco, Bellefonte, PA, EE. UU.), seleccionada por su capacidad para retener simultáneamente analitos polares y apolares en un amplio rango de volatilidad. Antes de su uso, la fibra se acondicionó en el inyector del cromatógrafo durante 10

min a 260 °C, se acondicionó en el inyector del cromatógrafo durante 10 min a 260 °C, según las recomendaciones del fabricante. La fibra se expuso al espacio de cabeza del vial durante 30 min en condiciones isotérmicas a 40 ± 1 °C, periodo en el que los analitos volátiles alcanzaron el equilibrio de partición entre las tres fases del sistema.

Análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

Tras la extracción por HS-SPME, los analitos retenidos en la fibra se desorbieron térmicamente en el inyector del cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS Shimadzu QP2010 Plus, Shimadzu Corporation, Kioto, Japón) durante 5 min a 280 °C en modo split (1:40). La separación cromatográfica se llevó a cabo en una columna capilar de sílice fundida BPX5 (30 m × 0,25 mm de diámetro interno × 0,25 µm de espesor de película; Trajan/SGE, Ringwood, Australia; ref. 054101), con fase estacionaria de 5 % feniltetrasiloxano-95 % dimetilpolisiloxano, análoga en química estacionaria a la HP-5MS (columna capilar de 5% fenil-metilpolisiloxano) empleada por Liu et al. (2022) para destilados y matrices acuosas. El programa de temperatura del horno se inició a 40
°C durante 1 min, ascendió hasta 240 °C a una velocidad de 5 °C/min y se mantuvo a 240 °C durante 4 min, con un tiempo total de corrida de 45 min. Como gas portador se empleó helio (pureza ≥ 99,99 %) a un caudal constante de 0,9 mL/min. El espectrómetro de masas operó mediante ionización por impacto electrónico a 70 eV, con un rango de m/z de 40 a 450.

Identificación de los compuestos volátiles

Los índices de retención lineal experimentales se calcularon mediante co-inyección con una mezcla certificada de n-alcanos saturados C7-C30 (Supelco 49451-U, Bellefonte, PA, EE. UU.; 1000 µg/mL de cada componente en hexano; lote XA17133V) bajo idénticas condiciones cromatográficas, conforme al procedimiento descrito por Liu et al. (2022). La identificación de los compuestos orgánicos volátiles se realizó mediante la comparación de los índices de retención lineal experimentales con los de los estándares disponibles, así como mediante el contraste de los espectros de masas con las bibliotecas Wiley (8.ª edición) y FFNSC (versión 1.3), aplicando un umbral de similitud espectral mínimo del 85 %.

Semicuantificación de los compuestos volátiles

La semicuantificación de los compuestos orgánicos volátiles se realizó según el método descrito por Guo et al. (2020), mediante el procedimiento del estándar interno, asumiendo un factor de respuesta unitario para todos los analitos. Esta aproximación permite estimar la concentración aparente de cada compuesto a partir del cociente de áreas cromatográficas, sin necesidad de curvas de calibración individuales. La concentración aparente de cada compuesto se calculó según la ecuación 1.

$$C_x = \frac{S_x}{S_{IS}} \times C_{IS} \qquad (1)$$

Donde C_x es la concentración aparente del compuesto orgánico volátil x (µg/L), S_x es el área del pico cromatográfico del compuesto x (unidades arbitrarias de área), S_{IS} es el área del pico cromatográfico del estándar interno (unidades arbitrarias de área) y C_{IS} es la concentración del estándar interno añadido a la muestra (µg/L). Los resultados de las muestras se reportan en µg/L. Dado que se asume un factor de respuesta unitario para todos los analitos, los valores reportados se interpretan como concentraciones aparentes con fines comparativos entre tratamientos, no como concentraciones absolutas calibradas (Liu et al., 2022).

3.5.3. Análisis sensorial de Pisco (Objetivo 2 y 3)

Reclutamiento y caracterización de los participantes.

Se reclutaron 106 consumidores habituales de pisco de la comunidad universitaria de la UNAM (estudiantes, personal docente, personal administrativo y visitantes), de acuerdo con el tamaño muestral típico para estudios sensoriales con consumidores empleando Free Comment (Mahieu et al., 2020, 2020b; Visalli et al., 2023). Se consideró consumidores habituales a quienes declararon consumir pisco al menos una vez al mes. Como filtro previo a cada sesión, el mismo personal encargado de servir las muestras verificó, mediante observación directa y consulta breve al participante, que este no presentara resfrío, congestión nasal, consumo reciente de alcohol, tabaco o alimentos de sabor intenso, ni otra condición que pudiera alterar su percepción sensorial. Solo se admitió a la evaluación a los participantes que no reportaron ninguna de estas condiciones.

Los criterios de inclusión adicionales fueron tener más de 18 años de edad, no presentar alteraciones autorreportadas del olfato o del gusto, no encontrarse bajo

medicación que afectase la percepción sensorial, y no haber consumido alimentos ni bebidas distintas de agua durante al menos 30 min antes de la sesión. Se excluyeron los participantes que reportaron abstinencia de bebidas alcohólicas. El reclutamiento se realizó mediante un formulario de inscripción aplicado a la comunidad universitaria de la UNAM, en el que se recabaron los datos personales de cada postulante, su frecuencia de consumo de pisco y su consentimiento informado para participar en el estudio, conforme a la Declaración de Helsinki. Inicialmente se registraron 122 personas interesadas en participar. De este grupo, se excluyeron 16 personas que no cumplieron con el criterio de ser consumidor habitual de pisco (definido como consumir pisco al menos una vez al mes), ya que su inclusión generaría un sesgo en la caracterización sensorial al evaluar percepciones de personas sin familiaridad previa con el producto. La muestra final quedó conformada por 106 consumidores habituales, que cumplieron con la totalidad de los criterios de inclusión establecidos.

Condiciones de servicio de las muestras y entorno de evaluación

Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNAM. Cada participante evaluó las muestras de manera individual en una cabina sensorial con iluminación blanca uniforme, conforme a las recomendaciones de la norma ISO 8589 (ISO, 2007). Las muestras se sirvieron en copas tipo tulipán ISO 3591, en alícuotas de 5 mL, codificadas con tres dígitos aleatorios. La temperatura de servicio del pisco se mantuvo entre 16 y 18 °C. El orden de presentación de las cinco muestras siguió un cuadrado latino de Williams para balancear los efectos de orden y de arrastre entre tratamientos (MacFie et al., 1989). Los participantes dispusieron de agua mineral sin gas a temperatura ambiente para enjuagar el paladar entre evaluaciones y avanzaron a su propio ritmo, sin un tiempo fijo entre las muestras. El protocolo sensorial se realizó en dos etapas: la primera, donde se obtiene la descripción sensorial vía Free Comment, y la segunda, donde se recolecta la aceptación (Figura 12).

Etapa 1: descripción sensorial mediante Free Comment (Objetivo 2)

En la primera etapa, los consumidores describieron libremente las características olfativas y gustativas de cada muestra mediante el método Free Comment (ten Kleij y Musters, 2003), sin contar con una lista predefinida de

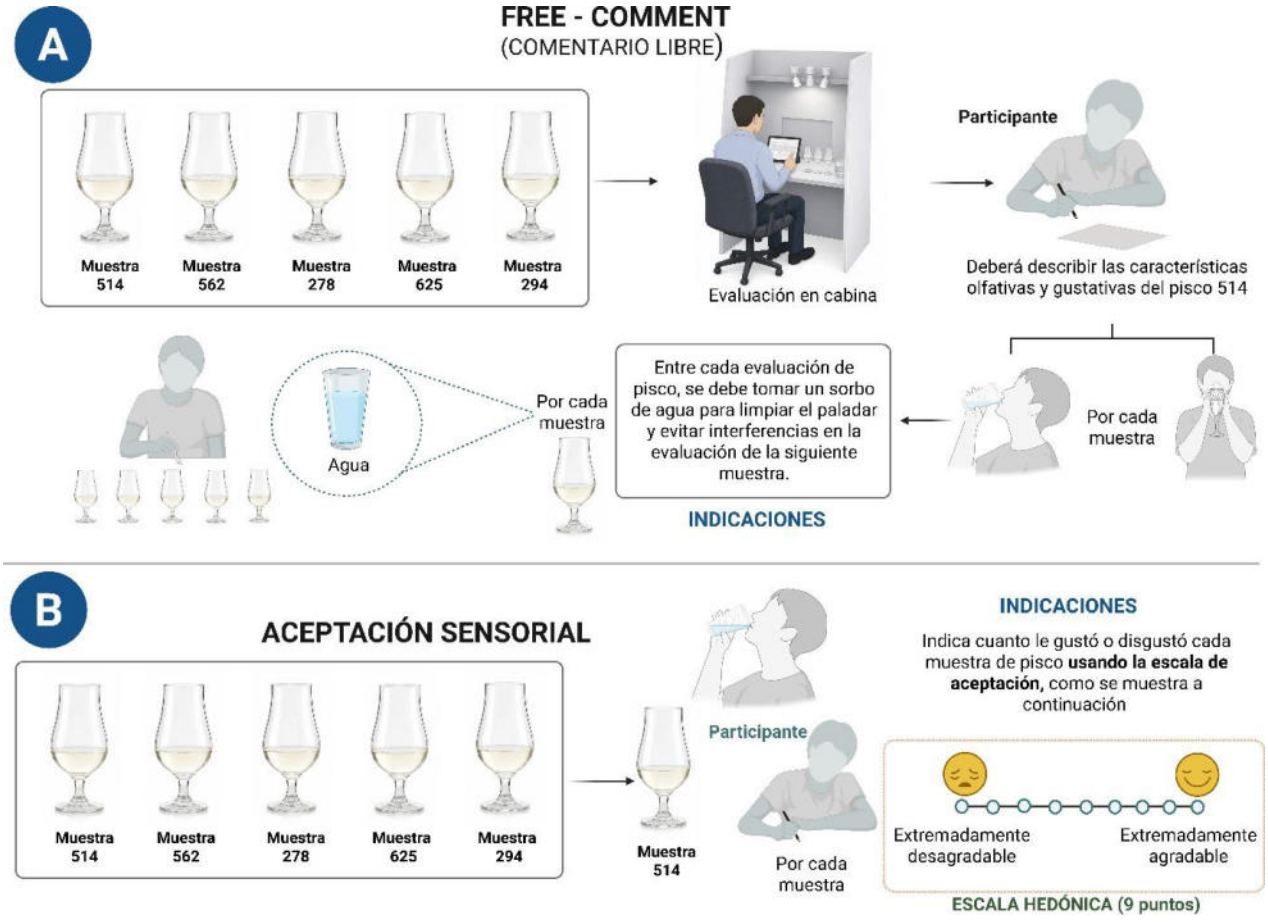
descriptores. El método Free Comment permite a los participantes expresar su percepción con sus propias palabras y evita los sesgos derivados del uso de listas cerradas, como la sugerencia de descriptores no percibidos y el sesgo de aquiescencia (Mahieu et al., 2020). Su aplicación con consumidores ha sido validada para la caracterización sensorial de vinos y otras bebidas alcohólicas (Mahieu et al., 2020; Visalli et al., 2023). Antes de iniciar la evaluación, cada participante recibió instrucciones estandarizadas y un ejemplo ficticio de descripción aplicado a un alimento ajeno a la categoría de estudio, conforme al protocolo descrito por Visalli et al. (2023). Para cada muestra, se solicitó al participante que describiera sus características olfativas y gustativas con tantas palabras o frases como considerara necesarias. Las respuestas se registraron en una ficha de evaluación sensorial impresa en papel A4.

Etapa 2: prueba de aceptación (Objetivo 3)

En la segunda etapa, los mismos participantes calificaron la aceptación sensorial de cada muestra mediante una escala hedónica estructurada de nueve puntos (Peryam y Pilgrim, 1957), con anclajes verbales en sus extremos y en el punto medio (1 = me disgusta extremadamente; 5 = no me gusta ni me disgusta; 9 = me gusta extremadamente). La aceptación sensorial se evaluó de manera global, sin especificar ninguna modalidad sensorial en particular como “sabor”, o “aroma”. El protocolo completo de ambas etapas se resume en la Figura 9.

Figura 12

Protocolo de análisis sensorial de pisco



Nota. Elaboración propia.

3.6. Análisis de datos

3.6.1. Análisis estadístico de los compuestos volátiles

La concentración de cada uno de los compuestos volátiles cuantificados se sometió a un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, según el modelo descrito en la ecuación 2. La normalidad de los residuales se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene, comprobándose en ambos casos el cumplimiento de los supuestos ($p > 0,05$). Las medias de los tratamientos cuyo efecto resultó significativo se compararon mediante la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5%.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \qquad (2)$$

donde Y_{ij} es la concentración observada del compuesto en la repetición *j* del tratamiento *i*, μ es la media general, T_i es el efecto del tratamiento *i*, y ε_{ij} es el error experimental.

La estructura conjunta del perfil aromático se exploró mediante un análisis de componentes principales (PCA), sobre la matriz de correlación de Pearson de los 46 compuestos volátiles. La descomposición se aplicó a las 15 muestras individuales (5 tratamientos con sus tres repeticiones) y se consideraron los dos primeros componentes para la visualización. La separación entre tratamientos se evaluó mediante elipses de confianza al 90 % calculadas a partir de la matriz de covarianza intra-tratamiento, y la contribución de cada compuesto a los componentes principales se examinó mediante el círculo de correlaciones (Granato et al., 2018).

Para identificar agrupamientos naturales entre los cinco tratamientos a partir del perfil de compuestos volátiles, se aplicó un análisis de conglomerados jerárquicos (HCA) sobre la matriz de medias por tratamiento, autoescalada por compuesto. Las distancias entre tratamientos se calcularon mediante la distancia euclidiana y el agrupamiento se realizó mediante el método de varianza mínima de Ward (Ward, 1963). La estructura de agrupamiento se visualizó mediante un dendrograma y un mapa de calor de las medias autoescaladas, con los compuestos ordenados según un dendrograma independiente, generado por el mismo procedimiento, a partir de la matriz transpuesta.

Todos los análisis se realizaron con un nivel de confianza del 95 % en el software R versión 4.3.0 (R Development Core Team, 2021), utilizando los paquetes

agricolae para la prueba de Tukey, FactoMineR y factoextra para el PCA, y la función hclust del paquete stats para el HCA.

3.6.2. Análisis estadístico de los datos del Free Comment

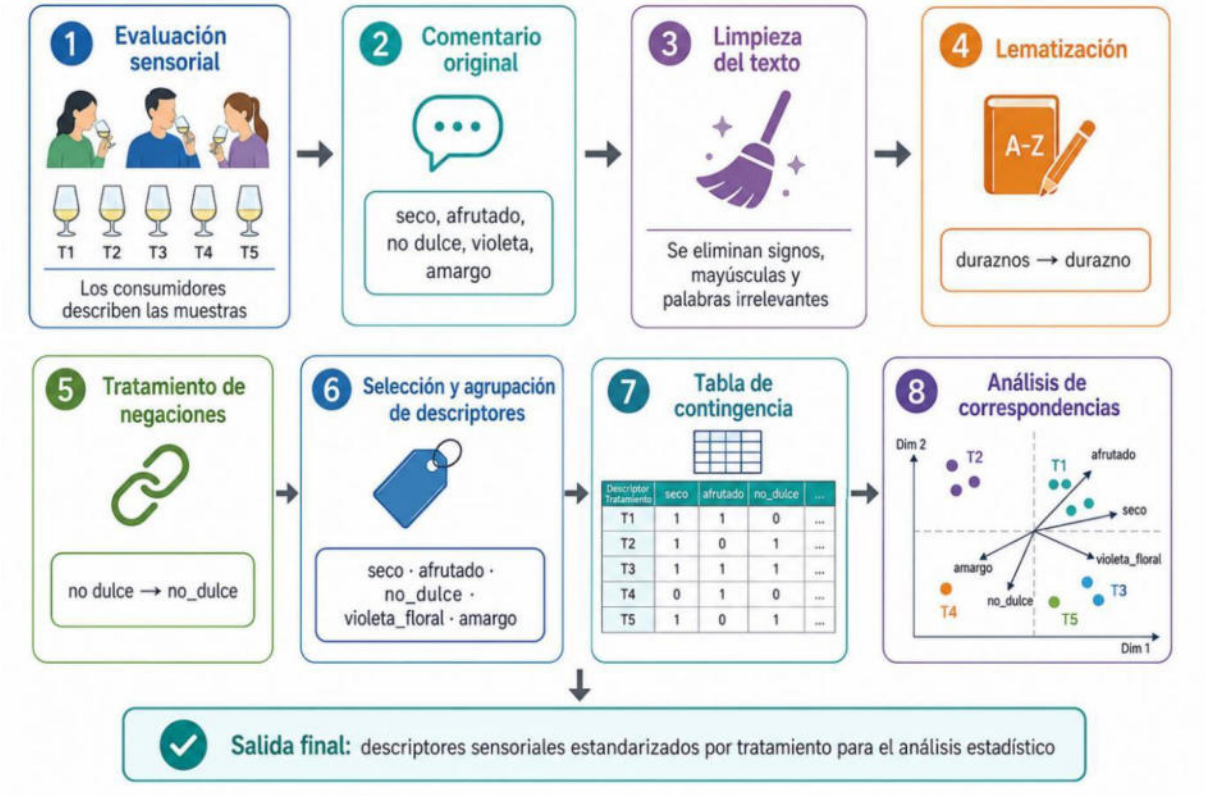
Los comentarios libres generados por los consumidores se procesaron mediante un flujo secuencial de nueve pasos que combinó etapas automatizadas y manuales para depurar el vocabulario sensorial y consolidar el conjunto final de descriptores por muestra (Figura 13). Los primeros cinco pasos se ejecutaron de forma automatizada y comprendieron la limpieza del corpus mediante eliminación de signos de puntuación y conversión a minúsculas, la lematización de los términos a su forma base, el tratamiento de las negaciones mediante la unión del adverbio negativo al adjetivo o sustantivo asociado por un guion bajo (por ejemplo, "no_dulce"), la conservación exclusiva de sustantivos y adjetivos, y la eliminación de los términos hapax que aparecieron una sola vez por producto.

Los pasos 6 a 8 se realizaron manualmente e incluyeron la eliminación de términos poco informativos por su carácter genérico, la unión de adjetivos con su sustantivo de referencia mediante guion bajo y la agrupación de términos sinónimos bajo un mismo descriptor consensuado. El paso 9 se automatizó y se eliminaron los descriptores de baja frecuencia de citación de cada producto.

Las dos modalidades de evaluación, gustativa y olfativa, se procesaron de forma independiente. Para cada modalidad se construyó una tabla de contingencia con los cinco tratamientos en las columnas y los descriptores en las filas, en la que cada celda contenía el número de citaciones del descriptor en cada tratamiento (Figura 14). Las frecuencias de citación se analizaron a nivel univariado mediante la prueba de chi cuadrado por celda, lo que permitió identificar los descriptores cuyas frecuencias se desviaron significativamente de la independencia entre filas y columnas (Symoneaux et al., 2012). Los descriptores con desviación positiva (+) se interpretaron como sobre-citados en el tratamiento correspondiente, mientras que los descriptores con desviación negativa (−) como sub-citados. El nivel de significancia se fijó en $\alpha = 0,05$.

Figura 13

Procesamiento de los comentarios generados en el Free Comment

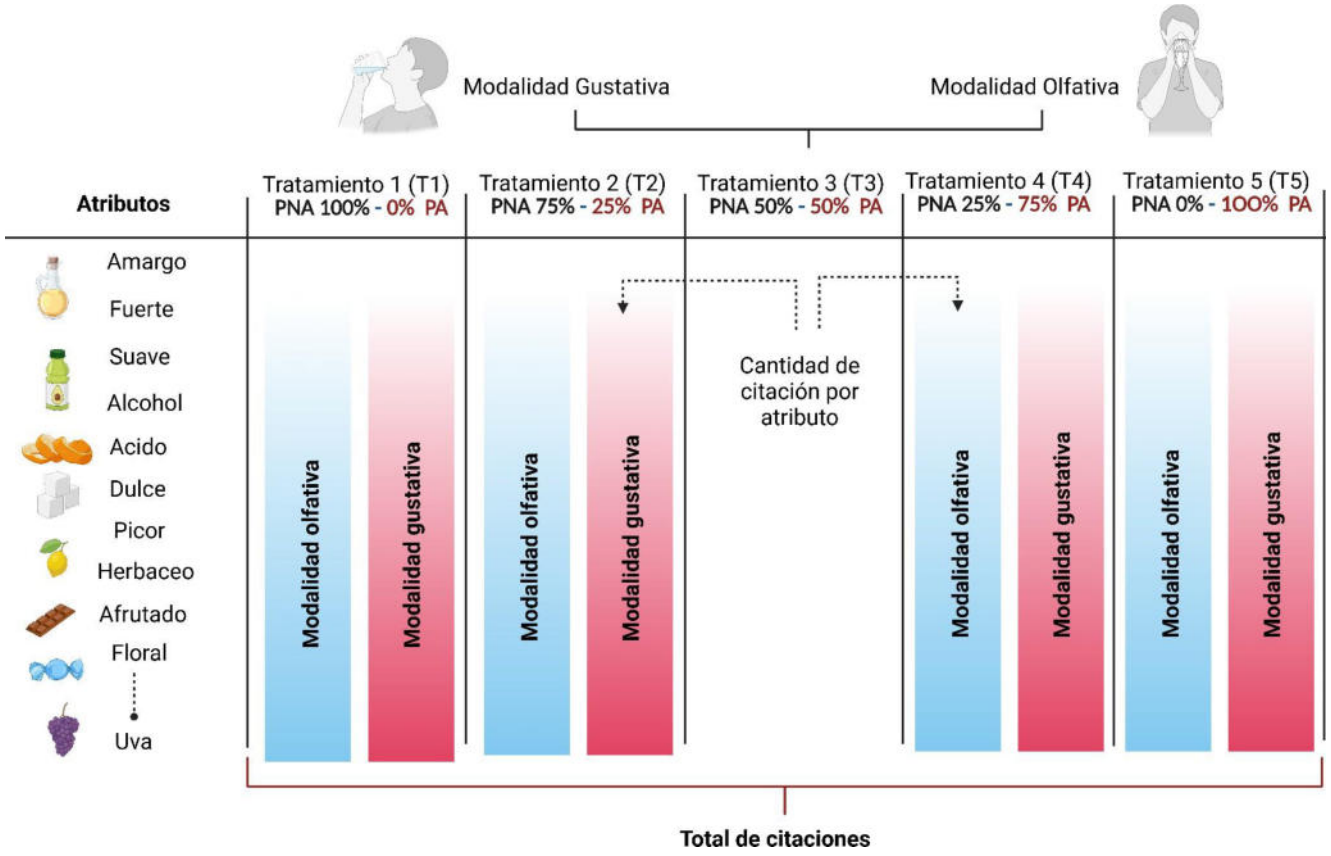


Nota. Elaboración propia.

La estructura conjunta de las asociaciones entre tratamientos y descriptores se exploró a nivel multivariado mediante un análisis de correspondencias (AC) sobre la tabla de contingencia. El AC se aplicó sobre los descriptores que mostraron desviaciones significativas en la prueba X^2 por celda, lo que concentró la información discriminante y evitó que los descriptores no informativos diluyeran la solución factorial. Los tratamientos y los descriptores de ambas modalidades se proyectaron simultáneamente sobre el mismo plano factorial, distinguiéndose mediante un prefijo en la etiqueta (*G-* para los descriptores gustativos y *O-* para los descriptores olfativos), lo que permitió identificar visualmente las asociaciones entre cada tratamiento y los descriptores con los que se relacionó preferentemente (Lê et al.

Figura 14

Estructura de la tabla de contingencia



Nota. La figura muestra la estructura de la tabla de contingencia empleada en el análisis del Free Comment. Las columnas representan los cinco tratamientos (T1 a T5) según su proporción de pisco no aromático (PNA) y pisco aromático (PA). Las filas representan los descriptores sensoriales generados por los consumidores. Las barras de color azul corresponden a la modalidad olfativa y las de color rojo a la modalidad gustativa. Cada celda contiene el número de citas del descriptor en el tratamiento correspondiente. Elaboración propia

3.6.3. Análisis estadístico de los datos de aceptación

Los puntajes de aceptación se analizaron mediante un análisis de varianza siguiendo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), considerando el tratamiento como factor fijo y el panelista como bloque (ecuación 3). El bloqueo por panelista permitió absorber la varianza atribuible a las diferencias de preferencia individuales entre los consumidores. La normalidad de los residuos y la homogeneidad de varianzas se verificaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente, antes de proceder con el ANOVA. Cuando el efecto del tratamiento resultó significativo, se aplicó la prueba de Tukey a 5% de significancia para identificar las medias homogéneas, que se reportaron con letras minúsculas.

$$Y_{ij} = \mu + C_i + T_j + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

donde Y_{ij} es el puntaje de aceptación del consumidor i para el tratamiento j, μ es la media general, C_i es el efecto del bloque correspondiente al consumidor i, T_j es el efecto del tratamiento j, y ε_{ij} es el error aleatorio asociado a cada observación.

Los resultados se presentaron mediante un boxplot que mostró simultáneamente la mediana, el intervalo intercuartílico y los mínimos y máximos de cada tratamiento; los puntajes individuales de los 106 consumidores, con dispersión horizontal aleatoria y transparencia parcial para mostrar la densidad de respuestas; la media aritmética como un rombo negro con su valor numérico etiquetado; y las letras de la prueba Tukey HSD en el extremo derecho de cada caja.

3.6.4. Correlación entre compuestos volátiles y atributos sensoriales y aceptación (Objetivo 4)

La integración estadística de los tres bloques de datos se realizó para identificar las asociaciones entre los compuestos volátiles cuantificados por GC-MS, los descriptores generados por los consumidores mediante el método Free Comment y la aceptación sensorial. Los tres bloques de respuestas compartieron como dimensión común los cinco tratamientos T1 a T5 (proporciones de Pisco elaborado con uvas no aromáticas y aromáticas). El bloque químico contenía las

concentraciones promedio de los 46 compuestos volátiles por tratamiento, calculadas a partir de tres réplicas analíticas. El bloque sensorial contuvo la tabla de contingencia (5 × 55) de citaciones de descriptores por tratamiento, con 33 descriptores gustativos y 22 descriptores olfativos. El bloque hedónico incluyó las puntuaciones de aceptación de 106 consumidores en una escala de 9 puntos.

Cada bloque se pre-procesó según la naturaleza de sus datos. La matriz química se escaló automáticamente (centrada y dividida por la desviación estándar) para que cada compuesto contribuyera de forma equivalente al análisis. La tabla sensorial se transformó mediante la métrica de chi-cuadrado utilizada en el análisis de correspondencias, con filtro previo de descriptores citados por al menos el 5 % de los consumidores en uno o más tratamientos. La matriz hedónica se centró por consumidor para preservar la información de preferencia relativa.

El alineamiento estadístico entre los tres bloques se cuantificó mediante el coeficiente de regresión vectorial (RV) de Robert y Escoufier (1976), una generalización multivariada del coeficiente de correlación que toma valores entre 0 (independencia) y 1 (proporcionalidad estricta). La significancia del coeficiente RV se evaluó mediante una prueba de permutación con 999 iteraciones, según el procedimiento de Josse, Pagès y Husson (2008).

Análisis factorial múltiple para datos mixtos

Los tres bloques se integraron mediante el Análisis Factorial Múltiple para datos mixtos (MFA-MFACT), descrito por Bécue-Bertaut y Pagès (2008), una extensión del MFA clásico de Escofier y Pagès (1994) que permite el tratamiento conjunto de tablas cuantitativas y cualitativas (específicamente de contingencia). Cada bloque se ponderó por la inversa de la raíz cuadrada de su primer autovalor, lo que aseguró que ningún bloque dominase el análisis por el solo efecto de su número de variables. Sobre la matriz ponderada concatenada resultante, se aplicó un análisis de componentes principales global, a partir del cual se extrajeron las dimensiones de consenso del MFA. La inercia explicada por cada dimensión y la contribución relativa de cada bloque (coeficiente Lg) se calcularon según las fórmulas de Pagès (2014).

La incertidumbre de las posiciones de los tratamientos en el plano de consenso se estimó por bootstrap total de 999 remuestreos de los 106 consumidores, siguiendo el procedimiento de Husson, Le Dien y Pagès (2005). Para cada remuestreo se reconstruyó el bloque hedónico con los consumidores seleccionados, se proyectó como individuo suplementario sobre los ejes del MFA original y se almacenaron las nuevas coordenadas de cada tratamiento. Las elipses de confianza al 95 % se construyeron a partir de la matriz de covarianza de las coordenadas bootstrap usando el percentil chi-cuadrado con dos grados de libertad. La calidad de representación de cada variable original en el plano de las dos primeras dimensiones se cuantificó mediante el coseno cuadrado ($\cos^2$), interpretado como la fracción de la varianza de la variable proyectada sobre dicho plano.

Análisis de dimensiones comunes y pesos específicos

Como análisis complementario, se aplicó el método ComDim (Common Components and Specific Weights Analysis, CCSWA), propuesto por Qannari, Wakeling, Courcoux y MacFie (2000) y desarrollado por Mazerolles, Hanafi, Dufour, Bertrand y Qannari (2006). Este método extrae dimensiones comunes que maximizan la suma ponderada de las inercias proyectadas de los tres bloques, donde los pesos (saliencias) se ajustan iterativamente para reflejar la contribución de cada bloque a cada dimensión. La saliencia λ_{ij} representa el peso del bloque *i* en la dimensión común *j*; valores cercanos a 1 indican dominancia de un bloque; valores cercanos a 1/K (donde K es el número de bloques) indican una contribución equilibrada entre los bloques. La normalización de Frobenius se aplicó previamente a cada bloque para que los tres aportaran la misma inercia total al inicio del algoritmo. La deflación entre dimensiones consecutivas se realizó por el procedimiento de proyección ortogonal de Hanafi y Qannari (2008).

Análisis de rutas mediante SO-PLS-PM

La cadena causal hipotetizada (volátiles → descriptores sensoriales → aceptación) se modeló mediante el método de regresión por mínimos cuadrados parciales secuenciales y ortogonalizados (SO-PLS), en su versión de modelo de rutas (SO-PLS-PM), descrito por Næs, Tomic, Mevik y Martens (2011) y refinado por Næs

et al. (2021). El método descompone el efecto del bloque químico sobre la aceptación en tres componentes. El efecto total se estimó mediante una regresión PLS directa del bloque químico contra la aceptación media. El efecto indirecto se estimó como la regresión PLS de los descriptores sensoriales (predichos previamente por el bloque químico) contra la aceptación. El efecto directo, condicionado al bloque sensorial, se estimó mediante la regresión PLS del bloque químico ortogonalizado respecto al sensorial contra la aceptación. El número de componentes de cada modelo PLS se fijó en 2, siguiendo la regla de Mevik y Wehrens (2007) para diseños con un bajo número de muestras.

Análisis de correlaciones bivariadas y red de asociaciones

Para complementar la lectura integrativa del análisis factorial múltiple y el análisis de dimensiones comunes (ComDim, por sus siglas en inglés *Common Dimensions Analysis*), se calcularon las correlaciones de Spearman entre cada par volátil-descriptor, volátil-aceptación y descriptor-aceptación, considerando los promedios por tratamiento (n = 5). Se eligió la correlación de rangos de Spearman por su carácter no paramétrico y por la imposibilidad de asumir normalidad con un número reducido de tratamientos. Las correlaciones se representaron como una red bipartita, en la cual los nodos correspondieron a las variables y las aristas a los pares con valor absoluto de correlación $|\rho| \geq 0{,}90$, un valor cercano al umbral nominal de significancia para $n = 5$ y $\alpha = 0{,}05$. El ancho de cada arista se estableció proporcional al valor absoluto del coeficiente y el color codificó el signo (verde para correlaciones positivas, rojo para negativas).

Mapa de preferencia externo

El mapa de preferencia externo se construyó siguiendo el procedimiento de Cadoret y Husson (2013). Para cada uno de los 106 consumidores, se ajustó un modelo lineal de la forma $y = \beta_0 + \beta_1 \text{Dim1} + \beta_2 \text{Dim2}$, entre la aceptación del consumidor y las dos primeras dimensiones del MFA-MFACT. Los modelos individuales se promediaron sobre una rejilla regular de 100 × 100 puntos en el plano de consenso para generar dos superficies de respuesta, la aceptación media predicha

y el porcentaje de consumidores con aceptación predicha mayor o igual a seis (métrica análoga al top-2-box de la escala hedónica de nueve puntos).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. Caracterización de los compuestos volátiles (Objetivo específico 1)

4.1.1. Análisis univariado por familias químicas

La caracterización por HS-SPME-GC-MS identificó 45 compuestos volátiles distribuidos en doce familias químicas (Tabla 6). De ellos, 35 mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los cinco tratamientos, mientras que el etanol, el acetato de etilo, el hexanoato de etilo y el octanoato de etilo no presentaron diferencias significativas. Este patrón demuestra que la mezcla del pisco aromático con el no aromático no altera el esqueleto fermentativo del destilado, sino que modula familias específicas asociadas al origen varietal y a la diferenciación sensorial.

Tabla 6

Compuestos volátiles (mg/L) en los piscos con diferentes proporciones de pisco no aromático (PNA) y pisco aromático (PA)

Compuestos ($\mu g/mL$)	IR experimental	TR (min)	% Similitud	T1 (PNA 0%, PA 100%)	T2 (PNA 25%, PA 75%)	T3 (PNA 50%, PA 50%)	T4 (PNA 75%, PA 25%)	T5 (PNA 100%, PA 0%)	EEM
Alcoholes superiores									
Etanol	fuera de rango	2,055	96	0,60^{a}	0,32^{a}	1,33^{a}	1,42^{a}	1,15^{a}	0,740
2-Metil-1-propanol (Isobutanol)	fuera de rango	2,991	96	1,30^{b}	1,81^{a}	3,09^{a}	3,41^{a}	2,77^{a}	0,467
3-Metil-1-butanol (Alcohol isoamílico)	fuera de rango	4,857	96	8,04^{b}	12,81^{a}	17,66^{a}	19,99^{a}	19,66^{a}	2,813
2-Metil-1-butanol (Alcohol isoamílico)	fuera de rango	5,139	96	2,48^{b}	4,12^{a}	6,02^{a}	7,43^{a}	5,88^{a}	1,027
Alcoholes aromáticos									
Alcohol β-feniletílico	1105,41	12,726	83	0,78^{a}	0,86^{a}	0,53^{a}	0,25^{b}	0,00^{b}	0,076
β-Feniletanol	1134,65	13,193	75	0,15^{a}	0,17^{a}	0,11^{a}	0,29^{a}	0,00^{b}	0,039
Alcoholes alifáticos C9									
1-Nonanol	1177,08	13,872	83	0,46^{a}	0,55^{a}	0,28^{b}	0,19^{b}	0,00^{c}	0,025
Alcoholes superiores (isómero)									
3-Metil-1-butanol	1224,98	14,561	85	0,28^{a}	0,46^{a}	0,24^{a}	0,19^{a}	0,00^{b}	0,066
∑ Subtotal alcoholes				**14,08**	**21,09**	**29,26**	**33,18**	**29,46**	

Compuestos ($\mu g/mL$)	IR experimental	TR (min)	% Similitud	T1 (PNA 0%, PA 100%)	T2 (PNA 25%, PA 75%)	T3 (PNA 50%, PA 50%)	T4 (PNA 75%, PA 25%)	T5 (PNA 100%, PA 0%)	EEM
Alcoholes terpénicos									
Linalool	1100,21	12,621	91	2,85^{a}	3,37^{a}	2,25^{a}	1,21^{b}	0,00^{c}	0,260
β-Citronelol	1235,74	14,704	81	0,13^{a}	0,16^{a}	0,13^{a}	0,04^{a}	0,00^{b}	0,030
Geraniol	1269,64	15,253	79	0,06^{b}	0,21^{a}	0,11^{a}	0,08^{b}	0,00^{b}	0,022
∑ Subtotal alcoholes terpénicos				**3,05**	**3,73**	**2,49**	**1,34**	**0,00**	
Ácidos orgánicos									
Ácido acético	fuera de rango	2,328	84	0,23^{a}	0,20^{a}	0,30^{a}	0,98^{a}	0,00^{a}	0,354
Ácido 2/3-metilbutírico	893,92	8,852	89	0,26^{a}	0,29^{a}	0,15^{b}	0,15^{b}	0,00^{c}	0,017
∑ Subtotal ácidos orgánicos				**0,49**	**0,49**	**0,45**	**1,13**	**0,00**	
Aldehídos alifáticos									
Octanal	1009,05	11,043	89	0,36^{a}	0,42^{a}	0,21^{b}	0,14^{b}	0,00^{c}	0,019
Decanal	1158,38	13,566	83	0,58^{a}	0,71^{a}	0,40^{b}	0,24^{b}	0,00^{c}	0,048
(E)-2-Undecenal	1368,27	16,638	89	0,62^{a}	0,94^{a}	0,82^{a}	0,87^{a}	0,13^{b}	0,081
Aldehídos aromáticos									
Fenilacetaldehído	1050,26	11,813	92	0,63^{a}	0,64^{a}	0,24^{b}	0,19^{b}	0,00^{c}	0,041
∑ Subtotal aldehídos				**2,19**	**2,71**	**1,67**	**1,43**	**0,13**	
Ésteres etílicos									
Acetato de etilo	fuera de rango	2,734	97	4,60^{a}	5,61^{a}	4,43^{a}	5,25^{a}	4,33^{a}	0,451
Hexanoato de etilo	998,47	10,820	95	2,72^{a}	4,02^{a}	2,90^{a}	3,87^{a}	3,38^{a}	0,322
Octanoato de etilo	1195,78	14,168	95	18,59^{a}	27,26^{a}	21,71^{a}	25,86^{a}	23,30^{a}	2,290
Dodecanoato de etilo	1593,54	19,473	96	23,16^{a}	35,33^{a}	30,07^{a}	27,84^{a}	1,56^{b}	3,651
Tetradecanoato de etilo	1792,23	21,737	94	3,98^{a}	6,01^{a}	5,35^{a}	4,85^{a}	0,40^{b}	0,545
Hexadecanoato de etilo	1992,44	23,734	95	2,72^{b}	5,03^{a}	2,73^{b}	2,64^{b}	4,29^{a}	0,277
Acetatos									
Acetato de isoamilo	862,75	7,971	84	0,09^{b}	0,14^{a}	0,11^{b}	0,18^{a}	0,17^{a}	0,012
Acetato de 2-metil-1-butilo	878,58	8,333	90	0,43^{a}	0,89^{a}	0,73^{a}	0,85^{a}	0,85^{a}	0,116
Acetato de laurilo	1603,77	19,637	79	0,36^{a}	0,44^{a}	0,27^{a}	0,44^{a}	0,27^{a}	0,069
Acetatos aromáticos									
Acetato de bencilo	1151,28	13,440	77	0,15^{a}	0,21^{a}	0,23^{a}	0,00^{b}	0,27^{a}	0,033
Acetatos terpénicos									

Compuestos ($\mu g/mL$)	IR experimental	TR (min)	% Similitud	T1 (PNA 0%, PA 100%)	T2 (PNA 25%, PA 75%)	T3 (PNA 50%, PA 50%)	T4 (PNA 75%, PA 25%)	T5 (PNA 100%, PA 0%)	EEM
Acetato de citronelilo	1353,81	16,388	86	0,26[a]	0,28[a]	0,19[a]	0,09[a]	0,00[b]	0,055
Ésteres terpénicos									
Butanoato de trans-β-terpinilo	1263,51	15,147	79	3,22[a]	3,53[a]	2,44[a]	1,53[b]	0,81[b]	0,326
Ésteres de cadena ramificada									
Octanoato de isoamilo	1446,50	17,733	95	1,24[a]	1,98[a]	1,63[a]	1,52[a]	0,85[b]	0,206
Decanoato de 2-metilbutilo	1644,91	20,176	96	3,19[b]	5,23[b]	5,00[b]	4,28[b]	25,12[a]	0,930
Dodecanoato de 3-metilbutilo	1844,98	22,355	85	0,16[b]	0,30[b]	0,27[b]	0,23[b]	4,25[a]	0,163
∑ ***Subtotal ésteres***				**64,85**	**96,25**	**78,06**	**79,42**	**69,85**	
Monoterpenos									
2,6-Dimetil-2,4,6-octatrieno	993,88	10,723	91	0,70[a]	0,77[a]	0,34[b]	0,27[b]	0,00[c]	0,044
Limoneno	1032,66	11,438	91	0,70[a]	0,77[a]	0,34[b]	0,34[b]	0,00[c]	0,054
Sesquiterpenos									
Germacreno-B	1545,76	18,928	90	0,38[b]	0,56[b]	0,50[b]	0,32[b]	39,90[a]	0,835
∑ ***Subtotal terpenos***				**1,78**	**2,10**	**1,17**	**0,93**	**39,90**	
Norisoprenoides C13									
Vitispirano	1292,31	15,619	93	2,81[a]	4,06[a]	3,60[a]	4,00[a]	3,77[a]	0,372
β-Damascenona	1395,25	17,023	96	38,33[a]	53,45[a]	44,42[a]	43,72[a]	0,14[b]	5,441
∑ ***Subtotal norisoprenoides C13***				**41,14**	**57,52**	**48,02**	**47,72**	**3,91**	
Compuestos fenólicos volátiles									
3-Etilfenol	1173,16	13,806	85	5,37[a]	6,88[a]	3,84[b]	3,02[b]	0,60[c]	0,342
4-Etilguayacol	1287,43	15,501	86	2,34[a]	2,71[a]	1,86[a]	1,03[b]	0,22[c]	0,181
∑ ***Subtotal compuestos fenólicos volátiles***				**7,71**	**9,59**	**5,69**	**4,05**	**0,81**	
Furanonas									
Furaneol	1092,64	12,493	91	0,85[a]	0,91[a]	0,38[b]	0,30[b]	0,00[c]	0,056
Sotolón	1124,84	12,990	81	0,14[b]	0,32[a]	0,18[a]	0,28[a]	0,36[a]	0,043
∑ ***Subtotal furanonas***				**0,99**	**1,22**	**0,57**	**0,57**	**0,36**	
Compuestos nitrogenados									
3,5-Dimetil-2-metoxipirazina	1039,47	11,560	88	0,28[a]	0,28[a]	0,10[b]	0,07[b]	0,00[c]	0,019

Compuestos ($\mu g/mL$)	IR experimental	TR (min)	% Similitud	T1 (PNA 0%, PA 100%)	T2 (PNA 25%, PA 75%)	T3 (PNA 50%, PA 50%)	T4 (PNA 75%, PA 25%)	T5 (PNA 100%, PA 0%)	EEM
∑ ***Subtotal compuestos nitrogenados***				**0,28**	**0,28**	**0,10**	**0,07**	**0,00**	
Acetales									
1,1-Dietoxietano (Acetal)	fuera de rango	4,794	96	0,82[a]	1,12[a]	0,82[a]	1,03[a]	0,83[a]	0,066
∑ ***Subtotal acetales***				**0,82**	**1,12**	**0,82**	**1,03**	**0,83**	
Otros compuestos									
2-Metil-3-furanotiol / 1-Hexanol	871,07	8,156	92	0,47[a]	0,54[a]	0,36[a]	0,40[a]	0,25[a]	0,092
Óxido de Bois de Rose / 1-Octen-3-ona	974,47	10,349	86	0,39[a]	0,48[a]	0,27[b]	0,26[b]	0,13[c]	0,024

Nota. Los superíndices con letras distintas (a, b, c) en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey HSD (α = 0,05). EEM: error estándar de la media; IR: índice de retención calculado experimentalmente; IR lit.: índice de retención reportado en la literatura; TR: tiempo de retención. Los compuestos indicados como "fuera de rango" eluyeron antes del primer n-alcano de la curva de calibración (C8), por lo que no fue posible calcularles un índice de retención; esto no afecta su identificación ni cuantificación

Los marcadores varietales permitieron diferenciar ambas materias primas. Los monoterpenos linalool, β-citronelol y geraniol se concentraron en el pisco aromático y fueron prácticamente ausentes en el pisco no aromático. El linalool alcanzó 3,37 mg/L en T2 y 2,85 μg/mL en T1, frente a valores no detectables en T5, mientras que el geraniol pasó de 0,06 mg/L en T1 a 0,21 μg/mL en T2. La concentración mayor en T2 que en T1, contraria a lo esperado por una dilución lineal, se interpreta como un efecto de matriz alcohólica sobre el coeficiente de partición vapor-líquido y sobre la eficiencia de extracción HS-SPME. La introducción de un 25 % de pisco no aromático modifica la composición de alcoholes superiores y de ésteres lipofílicos del medio (subtotal de alcoholes que pasa de 14,08 μg/mL en T1 a 21,09 μg/mL en T2; subtotal de ésteres de 64,85 a 96,25 μg/mL), lo que altera la actividad termodinámica del linalool y del geraniol y favorece su liberación al espacio de cabeza durante la extracción isotérmica a 40

°C, mecanismo descrito por Robinson et al. (2009) para terpenos en matrices vínicas y por Wardencki et al. (2003) para destilados. El sesquiterpeno germacreno B mostró el comportamiento inverso, con 39,90 μg/mL en T5 frente a valores inferiores a 0,56 μ g/mL en el resto de los tratamientos. Esta dicotomía confirma el origen prefermentativo de ambas familias y respalda que la uva Italia aporta la fracción monoterpénica libre, asociada a notas florales y cítricas, mientras que la variedad Negra Criolla aporta sesquiterpenos y compuestos de cadena ramificada que sustentan notas herbáceas y cerosas (Cacho et al., 2012aa, 2013; Lukić et al., 2006).

La fracción éster y la β-damascenona mostraron un marcado efecto sinérgico del blending y alcanzaron sus máximos en la mezcla T2 (PNA 25 %, PA 75 %). El dodecanoato de etilo pasó de 23,16 mg/L en T1 y 1,56 μg/mL en T5 a 35,33 μg/mL en T2; el tetradecanoato de etilo pasó de 3,98 y 0,40 μg/mL a 6,01 mg/L en la misma mezcla; y el hexadecanoato de etilo se elevó de 2,72 μg/mL en T1 a 5,03 μg/mL en T2. La β-damascenona, norisoprenoide C13 derivado de la degradación de carotenoides como la 9'-cis-neoxantina (Mendes-Pinto, 2009), presenta uno de los umbrales sensoriales más bajos en bebidas alcohólicas y aporta notas a manzana cocida, miel y compota (Pineau et al., 2007). Su concentración en T2 superó la registrada en T1 y en T5, hallazgo que no puede explicarse por dilución lineal y que es coherente con el comportamiento no aditivo de los volátiles en mezclas binarias de bebidas alcohólicas, descrito por Lahne (2023) para la dilución de whisky y por Wiśniewska et al. (2025) para bebidas espirituosas. La acumulación coordinada de ésteres lipofílicos y norisoprenoides en T2 anticipa la expresión sensorial frutal y dulce de las mezclas con una dominancia aromática moderada, en línea con los hallazgos de Paolini et al. (2022) sobre la formación de ésteres en destilados de uva.

Los alcoholes superiores siguieron un patrón opuesto al de los terpenos y aumentaron a medida que aumentó la proporción de pisco no aromático. La suma de alcoholes superiores pasó de 14,08 μg/mL en T1 a 33,18 μg/mL en T4. El 3-metil-1-butanol, principal congénere fermentativo, alcanzó 19,99 mg/L en T4 frente a 8,04 mg/L en T1, y el 2-metil-1-propanol (isobutanol) pasó de 1,30 a 3,41 μg/mL entre los mismos tratamientos. Estos compuestos derivan del catabolismo de los aminoácidos ramificados leucina, isoleucina y valina por la vía de Ehrlich durante la fermentación, mediante transaminación, descarboxilación catalizada por las enzimas Pdc/Aro10 y

reducción posterior por las alcohol deshidrogenasas (Hazelwood et al., 2008). Su acumulación cuando la fracción no aromática domina la matriz indica que la cepa de *Saccharomyces cerevisiae* empleada en la fermentación de la uva Negra Criolla genera una mayor proporción de aceites de fusel que la cepa utilizada en la uva Italia. La presencia equilibrada de alcoholes superiores aporta complejidad estructural sin saturar el perfil con atributos pungentes (Wardencki et al., 2003), pero su predominio sobre los terpenos en T4 explica el desplazamiento del perfil aromático hacia notas más alcohólicas y herbáceas.

Dos compuestos asociados a la destilación completaron el panorama anterior. El acetato de isoamilo, principal éster responsable del aroma frutal de plátano, se mantuvo bajo en el pisco aromático puro (0,09 μg/mL) y se elevó a 0,18 μg/mL en T4, lo cual es consistente con la disponibilidad de su precursor, 3-metil-1-butanol, y con la actividad de las alcohol acetiltransferasas Atf1p y Atf2p de Saccharomyces cerevisiae durante la fermentación de la uva Negra Criolla (Verstrepen et al., 2003; Saerens et al., 2010). El 1,1-dietoxietano alcanzó 1,12 μg/mL en T2, valor superior al de los demás tratamientos, lo que refuerza la hipótesis de un efecto de matriz durante la destilación que favorece la formación de acetales etéreos por reacción del etanol con el acetaldehído bajo catálisis ácida y a alta temperatura, mecanismo descrito en aguardientes recién destilados por Ledauphin et al. (2003) y reportado como marcador de calidad en orujos por Madrera et al. (2010). En conjunto, estos cuatro patrones (terpenos varietales, ésteres y norisoprenoides sinérgicos, alcoholes fermentativos y acetales de destilación) demuestran que la formulación de piscos acholados no se reduce a una suma lineal de los perfiles parentales y que la aromaticidad de la mezcla se modula mediante mecanismos químicos diferenciados según el origen del compuesto, en concordancia con el marco propuesto por Granato et al. (2018) y Obreque-Slier et al. (2024).

Los valores absolutos encontrados en este estudio se sitúan dentro de los rangos previamente reportados para piscos peruanos y respetan los límites de la Norma Técnica Peruana 211.001. La concentración de β-damascenona en el pisco aromático puro (38,33 μg/mL en T1) se encuentra en el rango reportado por Cacho et al. (2012) para piscos Italia comerciales (35–55 µg/L equivalentes), mientras que el linalool (2,85 mg/L en T1) es consistente con los valores descritos por los mismos

autores para esta variedad aromática. La suma de alcoholes superiores (14,08 a 33,18 mg/L) se mantiene muy por debajo del límite superior de 350 mg/100 Ml de alcohol anhidro establecido por la NTP, lo que confirma que los cinco tratamientos cumplen con los requisitos legales del Reglamento de la Denominación de Origen Pisco (Palma et al., 2025). De manera complementaria, Napa Almeyda et al. (2023) reportaron, en piscos Italia y Negra Criolla de la región Moquegua, una estructura química similar a la observada aquí, con dominancia de monoterpenos en la variedad aromática y de alcoholes superiores en la no aromática, lo que respalda la representatividad regional de los tratamientos analizados en el presente estudio.

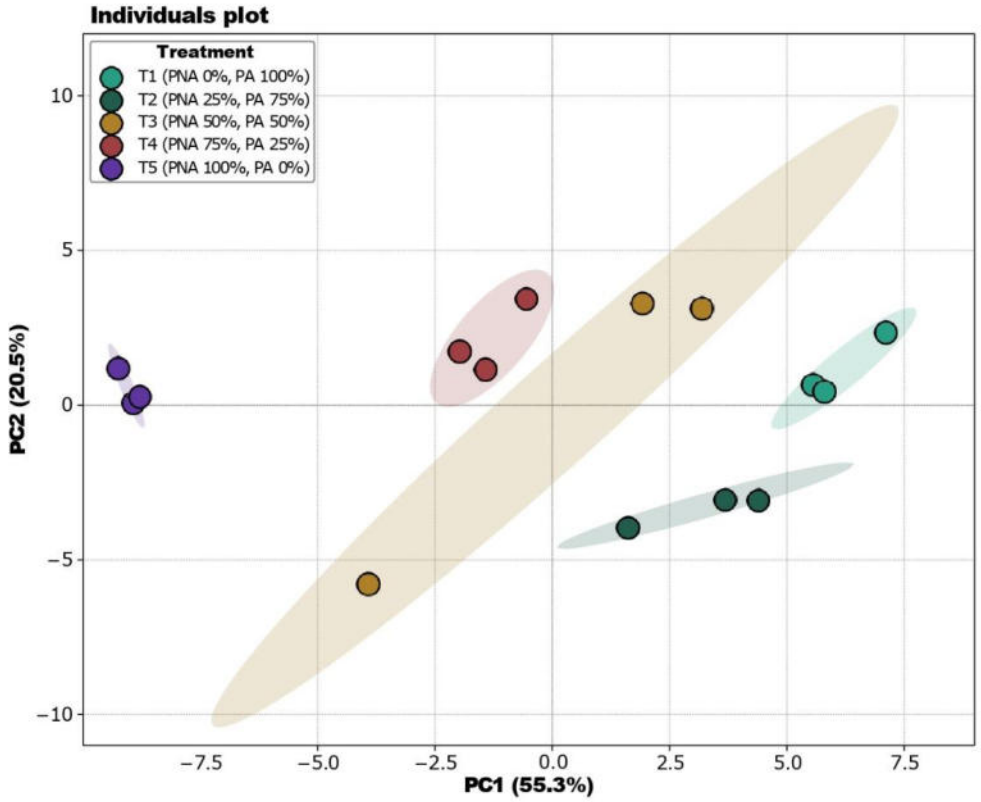
Cabe precisar que el etanol reportado en la Tabla 6 no representa el grado alcohólico del pisco constante entre tratamientos por tratarse de mezclas volumétricas de piscos con graduación equivalente (38-48 % v/v, NTP 211.001), sino la señal residual captada incidentalmente por la fibra HS-SPME al muestrear los compuestos volátiles minoritarios; su elevado coeficiente de variación (Anexo 8) y su nula significancia estadística (Anexo 9) son consistentes con este origen.

4.1.1. Análisis multivariado de la composición volátil

La síntesis multivariada de los 35 compuestos significativos confirmó tres conglomerados químicamente coherentes y cuatro bloques metabólicos diferenciados (Figura 15). Esta visualización combina un mapa de calor de los valores estandarizados (Z-score por compuesto) con dendrogramas jerárquicos en filas y columnas, un recurso recomendado en estudios de metabolómica de bebidas fermentadas y destiladas, ya que preserva la información química sin la pérdida de información que ocurre cuando un biplot debe representar decenas de variables superpuestas (Liu et al., 2022; Granato et al., 2018).

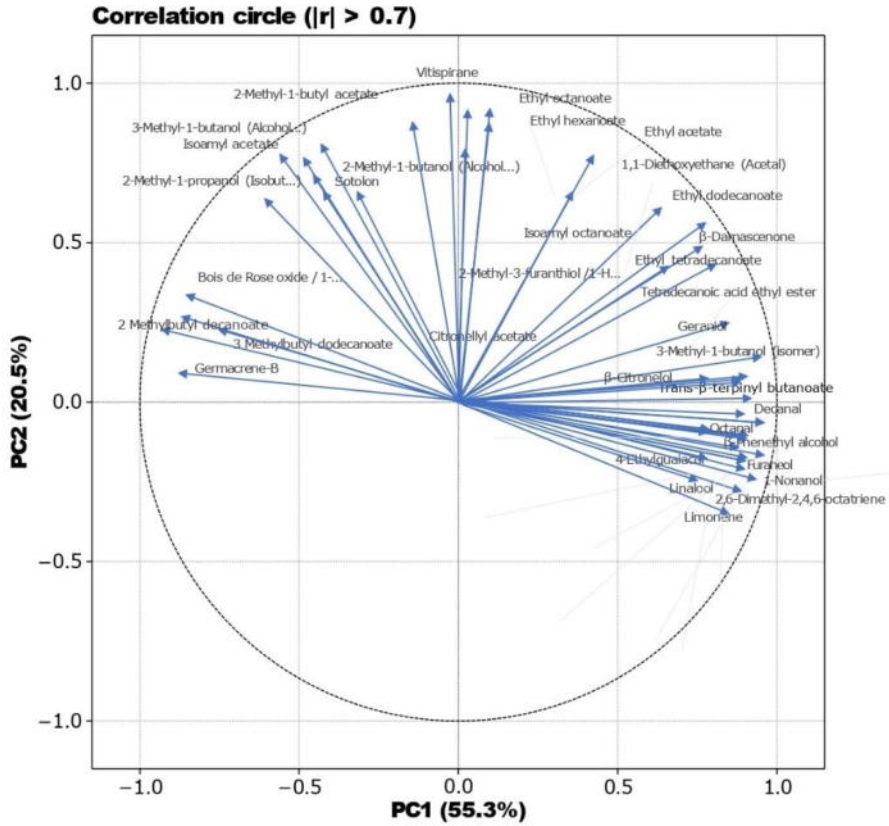
Figura 15.

a) Análisis de componentes principales sobre los compuestos volátiles de los Piscos



Nota. Análisis de componentes principales (PCA) sobre los 35 compuestos volátiles significativos. Las elipses representan el intervalo de confianza al 90 % por tratamiento. CP1 = 55,3 %; CP2 = 20,5 %; varianza acumulada = 75,8 %.

b) *Circulo de correlaciones del análisis de componentes principales sobre los compuestos volátiles que caracterizan a los Piscos*



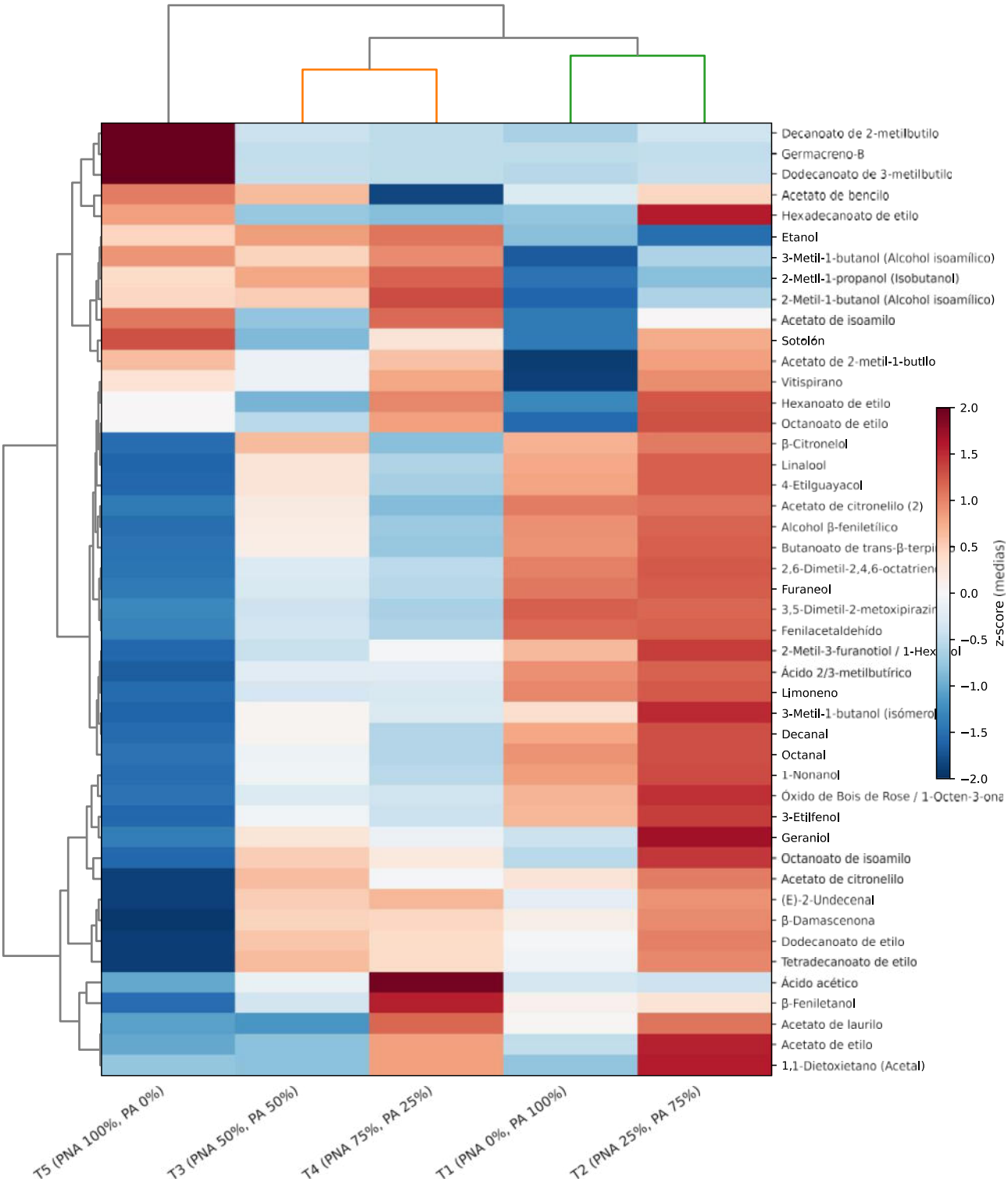
*Nota***.** Círculo de correlaciones de las variables (compuestos volátiles) sobre el primer y segundo componente principal (CP1 = 55,3 %; CP2 = 20,5 %). La proximidad de un compuesto al borde del círculo indica mayor contribución a la separación de los tratamientos.

El gráfico de individuos (Figura 15) separó los cinco tratamientos a lo largo de la primera componente principal (CP1 = 55,3 %), con T1 y T2 en el extremo positivo, T3 y T4 en posición intermedia y T5 en el extremo negativo. La segunda componente principal (CP2 = 20,5 %) aisló verticalmente a T5 del resto y completó un acumulado del 75,8 % de la varianza. Las elipses de confianza al 90 % no se solaparon entre los cinco tratamientos, lo que indica que la combinación de los 35 compuestos significativos discrimina de forma robusta cada proporción de mezcla. El círculo de correlaciones (Figura 16) identificó los compuestos con mayor influencia sobre el plano factorial. El linalool, el geraniol, la β-damascenona, el dodecanoato de etilo y el tetradecanoato de etilo se proyectaron en el cuadrante derecho y explicaron la separación de T1 y T2. El germacreno B, el decanoato de 2-metilbutilo y el dodecanoato de 3-metilbutilo se proyectaron en el cuadrante izquierdo y aislaron a T5. Los alcoholes superiores y el acetato de isoamilo se proyectaron hacia la zona inferior, acercando T3 y T4 al centro del plano.

El dendrograma de tratamientos (Figura 16) identificó tres conglomerados con una lógica química clara. El primer conglomerado agrupó al pisco aromático puro (T1) con la mezcla T2 y reflejó la dominancia compartida de monoterpenos, ésteres etílicos de cadena media a larga y norisoprenoides. El segundo conglomerado contuvo a T3 y T4, mezclas intermedias caracterizadas por una composición de transición donde la β-damascenona y los ésteres frutales aún están presentes, pero con menor intensidad relativa. El tercer conglomerado aisló al pisco no aromático puro (T5), separado del resto por la concentración exclusiva de germacreno B, decanoato de 2-metilbutilo y dodecanoato de 3-metilbutilo, marcadores químicos propios de la variedad Negra Criolla (Cacho et al., 2013; Lukić et al., 2006).

Figura 16

Mapa de calor con dendrograma de los compuestos volátiles de los piscos



Nota. Z-score calculado por compuesto. Tonos rojos: concentraciones por encima de la media; azules: por debajo. Distancia euclidiana, método de Ward.

El dendrograma de compuestos resolvió cuatro bloques metabólicos coincidentes con el origen biosintético de cada familia (Figura 16). El primer bloque agrupó monoterpenos, ésteres terpénicos, aldehídos alifáticos y compuestos fenólicos volátiles, con valores máximos en T1 y T2 y un descenso progresivo hasta cero en T5, lo que confirma su origen varietal en la uva Italia. El segundo bloque, dominado por la β-damascenona, los ésteres etílicos de cadena media a larga y el octanoato de isoamilo, alcanzó su máxima expresión en T2 y constituye la firma química de la sinergia de la coextracción. El tercer bloque, formado por los alcoholes superiores y el acetato de isoamilo, mostró valores máximos en T3, T4 y T5 y reflejó la generación fermentativa de aceites de fusel cuando la fracción no aromática domina la matriz. El cuarto bloque contenía los marcadores específicos del pisco no aromático puro y se concentró únicamente en T5, con valores de Z-score superiores a 1,5.

La concordancia entre el PCA y el agrupamiento jerárquico respalda la robustez estadística de la separación observada, validando la utilidad de estas técnicas multivariadas como herramientas de reconocimiento de patrones en el control de calidad de destilados (Mogollón et al., 2018). La trayectoria de los tratamientos en el espacio multivariado no fue lineal en función de la proporción de mezcla, lo que implica que pequeñas adiciones de pisco aromático ejercen un efecto rápido y significativo sobre el perfil volátil global, hallazgo consistente con el efecto sinérgico documentado en ésteres de cadena media a concentraciones subumbrales en soluciones alcohólicas modelo (Lytra et al., 2013).

4.2. Perfil sensorial mediante Free Comment (Objetivo específico 2)

4.2.1. Modalidad olfativa

La evaluación olfativa mediante Free Comment con 106 consumidores generó 23 descriptores, cuya frecuencia se analizó mediante la prueba de chi-cuadrado por celda. La Tabla 7 muestra que siete descriptores presentaron al menos una celda con diferencias significativas, con un total de ocho celdas significativas. La proporción de mezcla moduló la percepción olfativa más allá de lo esperado por una simple dilución (Symoneaux et al., 2012), un patrón consistente con la no linealidad química descrita

en la sección 4.1. Tres comportamientos sensoriales destacaron por encima de los demás.

El primer comportamiento consistió en la aparición de descriptores específicos en la mezcla. La mezcla T3 generó los descriptores higo (4 citas, $p \leq 0,05$) y frutos verdes (4 citas, $p \leq 0,05$) con frecuencias significativas que no se observaron en ninguno de los extremos puros ni en las demás mezclas. Este fenómeno de aroma emergente es atribuible a la coexistencia equilibrada de monoterpenos varietales y de ésteres lipofílicos descrita en la sección 4.1.1 y es consistente con la formación de atributos frutales complejos reportada por Cacho et al. (2012a) en piscos de uva Italia y por Robinson et al. (2009) en vinos. La mezcla T4 (PNA 75 %, PA 25 %) presentó una asociación positiva significativa con los descriptores afrutado (12 citas, $p \leq 0,05$) y herbáceo (6 citas, $p \leq 0,05$), y una disminución significativa de la percepción de uva (4 citas, $p \leq 0,05$) respecto a los demás tratamientos. Este perfil refleja el desplazamiento aromático hacia atributos fermentativos, a partir del incremento de 3-metil-1-butanol (19,99 μg/mL en T4 frente a 8,04 μg/mL en T1) y del acetato de isoamilo, descrito en la sección 4.1.1.

El segundo comportamiento consistió en una discontinuidad en la intensidad aromática percibida. El pisco aromático puro (T1) presentó una frecuencia significativamente baja del descriptor insípido (1 cita, $p \leq 0,05$), coherente con su elevada carga terpénica. La introducción de un 25 % de fracción no aromática en T2 invirtió la tendencia y elevó significativamente la percepción de insipidez (9 citas, $p \leq 0,05$). Este comportamiento sugiere un punto crítico de dilución a partir del cual la matriz alcohólica modificada por la fracción no aromática reduce la expresión olfativa percibida de los terpenos y los norisoprenoides, a pesar de que las mediciones químicas en T2 mostraron concentraciones máximas de β-damascenona (53,45 μg/mL). La discrepancia entre el pico químico de β-damascenona y la percepción olfativa indica que la matriz alcohólica modula la liberación de volátiles hacia la fase de cabeza durante la cata, un fenómeno descrito en vinos por Robinson et al. (2009) y en destilados por Tsakiris et al. (2014). El Free Comment captura este efecto porque opera en condiciones reales de evaluación sensorial, mientras que un análisis instrumental aislado podría pasarlo por alto (Mahieu et al., 2020).

Tabla 7

Tabla de contingencia para la descripción olfativa de los piscos

Atributo	T1 (PNA 0%, PA 100%)	T2 (PNA 25%, PA 75%)	T3 (PNA 50%, PA 50%)	T4 (PNA 75%, PA 25%)	T5 (PNA 100%, PA 0%)
O ácido	19	13	18	13	13
O dulce	15	14	11	15	11
O suave	**17**	**13**	**7 (−)***	**10**	**16**
O uva	**15**	**13**	**14**	**4 (−)***	**13**
O afrutado	**10**	**8**	**7**	**12 (+)***	**4**
O intenso	4	8	10	5	9
O amaderado	9	6	5	10	6
O manzana	9	8	4	5	8
O floral	6	6	8	7	2
O insípido	**1 (−)***	**9 (+)***	**5**	**1**	**8**
O ligero	3	5	8	4	3
O herbáceo	**2**	**3**	**3**	**6 (+)***	**3**
O leve	4	0	5	1	4
O pasas	3	4	1	1	3
O amargo	0	3	3	3	1
O plátano	1	2	3	0	3
O frutos verdes	**1**	**1**	**4 (+)***	**0**	**2**
O frutos secos	0	2	3	2	1
O anisado	2	1	0	0	2
O higo	**1**	**1**	**4 (+)***	**0**	**2**
O miel	2	1	1	1	1
O ciruela	1	1	1	1	2

Nota. (+) o (−): valor observado mayor o menor que el esperado. * p ≤ 0,05 (chi cuadrado por celda).

4.2.2. Modalidad gustativa

La modalidad gustativa generó un perfil más rico, con 33 descriptores y 11 celdas significativas (Tabla 8). El descriptor afrutado mostró un comportamiento óptimo en mezclas intermedias, con frecuencias significativamente superiores a las esperadas en T2 (10 citas, $p \leq 0,05$) y T3 (9 citas, $p \leq 0,01$) y significativamente inferiores en T4 (1 cita, $p \leq 0,05$) y T5 (0 citas, $p \leq 0,05$). Este patrón es la traducción sensorial directa del bloque metabólico de ésteres etílicos de cadena media a larga y de β-damascenona descrito en 4.1.1, cuyo máximo coincide con T2 y T3. El descriptor poco amargo solo fue significativo en T2 (6 citas, $p \leq 0,05$), lo que sugiere que esta proporción específica logra un equilibrio retronasal en el que los ésteres frutales se expresan sin que el amargor de fondo de la matriz alcohólica los enmascare. Estos resultados son consistentes con el efecto del blending sobre el equilibrio entre la frescura frutal y la estructura alcohólica reportado en vinos (Zhang et al., 2025).

Las sensaciones trigeminales y táctiles diferenciaron los piscos puros, aunque con respaldos estadísticos distintos. El pisco aromático puro (T1) presentó frecuencias numéricamente altas para los descriptores G suave (17 citas) y G fuerte (21 citas), sin que ninguna alcanzara significancia en la prueba de chi-cuadrado por celda (Tabla 8). En cambio, el pisco no aromático puro (T5) sí presentó significancia en dos descriptores trigeminales contrastantes, con G suave en 22 citas ($p \leq 0,05$) y G quemante en 4 citas ($p \leq 0,001$). La sensación quemante asociada exclusivamente a T5 es coherente con su perfil dominado por sesquiterpenos y compuestos de cadena ramificada, sin la modulación untuosa que aportan los ésteres etílicos lipofílicos en los tratamientos con mayor proporción de uva Italia. La mezcla T3 mostró frecuencias significativamente bajas para los descriptores G suave (0 citas, $p \leq 0,001$), G alcohol (0 citas, $p \leq 0,001$) y G picor (0 citas, $p \leq 0,001$), junto con una frecuencia significativamente alta del descriptor G ácido (15 citas, $p \leq 0,05$). Esta configuración indica que la proporción genera un punto de desestructuración trigeminal en el que los componentes táctiles del pisco no aromático y del pisco aromático se atenúan mutuamente y dejan al descubierto la acidez como atributo dominante por defecto.

Tabla 8

Tabla de contingencia para la descripción gustativa de los piscos

Atributo	T1 (PNA 0%, PA 100%)	T2 (PNA 25%, PA 75%)	T3 (PNA 50%, PA 50%)	T4 (PNA 75%, PA 25%)	T5 (PNA 100%, PA 0%)
G amargo	21	13	16	20	16
G fuerte	21	17	11	19	17
G suave	**17**	**15**	**0 (−)*** **	**17**	**22 (+)***
G alcohol	**16**	**17**	**0 (−)*** **	**17**	**14**
G ácido	**13**	**9**	**15 (+)***	**13**	**9**
G picor	**12**	**15**	**0 (−)*** **	**14**	**17**
G dulce	15	11	10	9	9
G poco picor	4	9	6	11	3
G afrutado	**5**	**10 (+)***	**9 (+)****	**1 (−)***	**0 (−)***
G astringencia	7	4	4	3	6
G ligero	2	8	5	4	5
G amaderado	1	2	5	5	8
G poco amargo	**1**	**6 (+)***	**0**	**3**	**2**
G manzana	3	2	2	3	2
G seco	1	2	4	2	3
G intenso	3	2	4	1	2
G poco fuerte	4	3	3	0	1
G poco dulce	2	3	2	1	3
G uva	2	3	3	3	0
G frutos secos	2	2	2	2	2
G demasiado fuerte	2	2	3	1	1
G insípido	1	1	3	4	0
G poco astringente	**3**	**1**	**3 (+)***	**0**	**0**
G poco ácido	1	1	3	4	2
G pasas	1	0	1	3	1
G muy fuerte	0	0	2	3	1
G floral	1	3	1	0	1
G herbáceo	1	1	0	2	2
G higo	0	1	1	2	0
G ceniza	2	0	0	0	2
G quemante	**0**	**0**	**0**	**0**	**4 (+)*****
G menta	0	2	1	0	1
G muy amargo	0	1	1	0	2

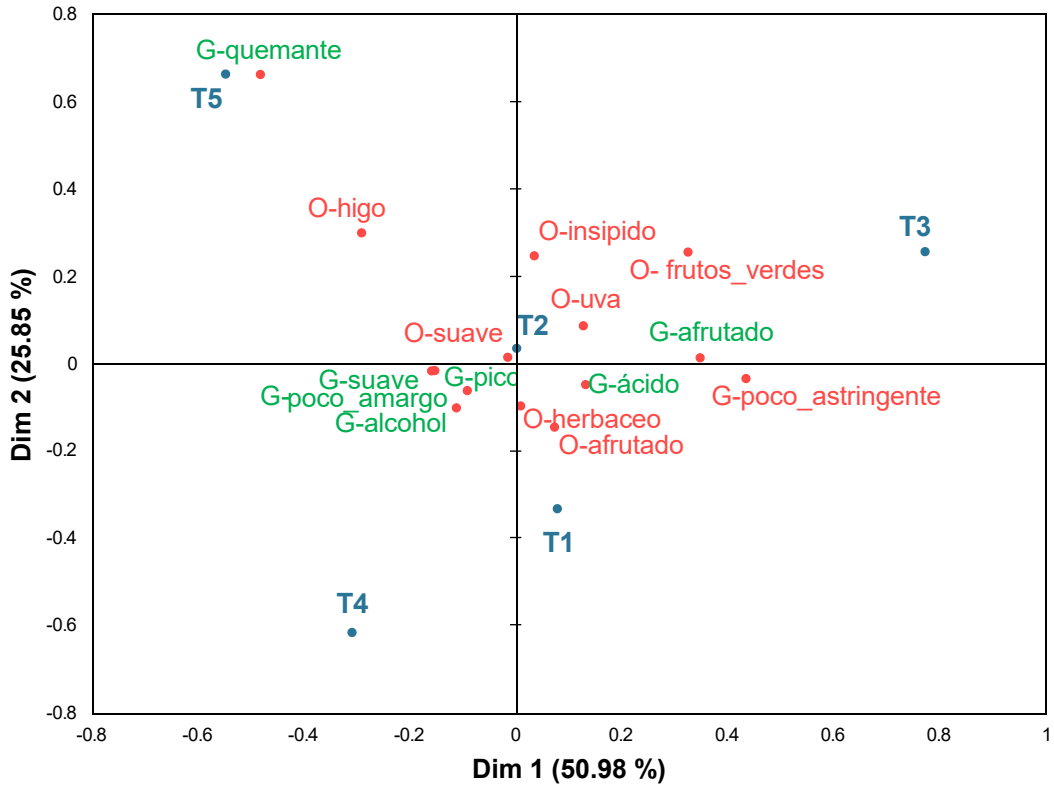
Nota. (+) o (−): valor observado mayor o menor que el esperado. * p ≤ 0,05; ** p ≤ 0,01; *** p ≤ 0,001 (chi-cuadrado por celda).

4.2.3. Análisis multivariado del perfil sensorial

El análisis de correspondencias integró las modalidades olfativa y gustativa y explicó el 76,83 % de la varianza total en sus dos primeras dimensiones (Figura 17). La primera dimensión (50,98 %) aisló la mezcla T3 en el extremo positivo y la diferenció de los piscos puros mediante atributos específicos como O-frutos verdes y G-poco astringente, lo que confirma que esta proporción genera una sinergia única que maximiza la frescura frutal sin la agresividad de los extremos. La segunda dimensión (25,85 %) segregó verticalmente la agresividad trigeminal, con T5 asociado al descriptor G-quemante en el cuadrante superior y T4 ubicado en el cuadrante inferior, vinculado a las notas O-herbáceo y G-alcohol propias de la fracción no aromática dominante.

Figura 17

Análisis de correspondencias del perfil sensorial olfativo (rojo) y gustativo (verde) de los piscos puros y acholados



La distribución de los descriptores en el plano factorial confirma que el blending actúa como una herramienta de diseño sensorial. El pisco aromático puro (T1) ocupa una posición central inferior asociada a los descriptores O-afrutado y O-herbáceo y a la dualidad G-suave/G-quemante, en consonancia con su alta concentración de ésteres de cadena larga y de monoterpenos descrita en la sección 4.1. El pisco no aromático puro (T5) se proyecta hacia el cuadrante superior izquierdo, vinculado a la sensación quemante y a la nota O-higo, con un perfil dominado por sesquiterpenos y compuestos de cadena ramificada. Las mezclas intermedias T2 y T3 ocupan el centro y el extremo derecho del plano, lo que indica que estas proporciones logran un punto óptimo sensorial en el que la complejidad afrutada y la frescura predominan sobre la agresividad alcohólica.

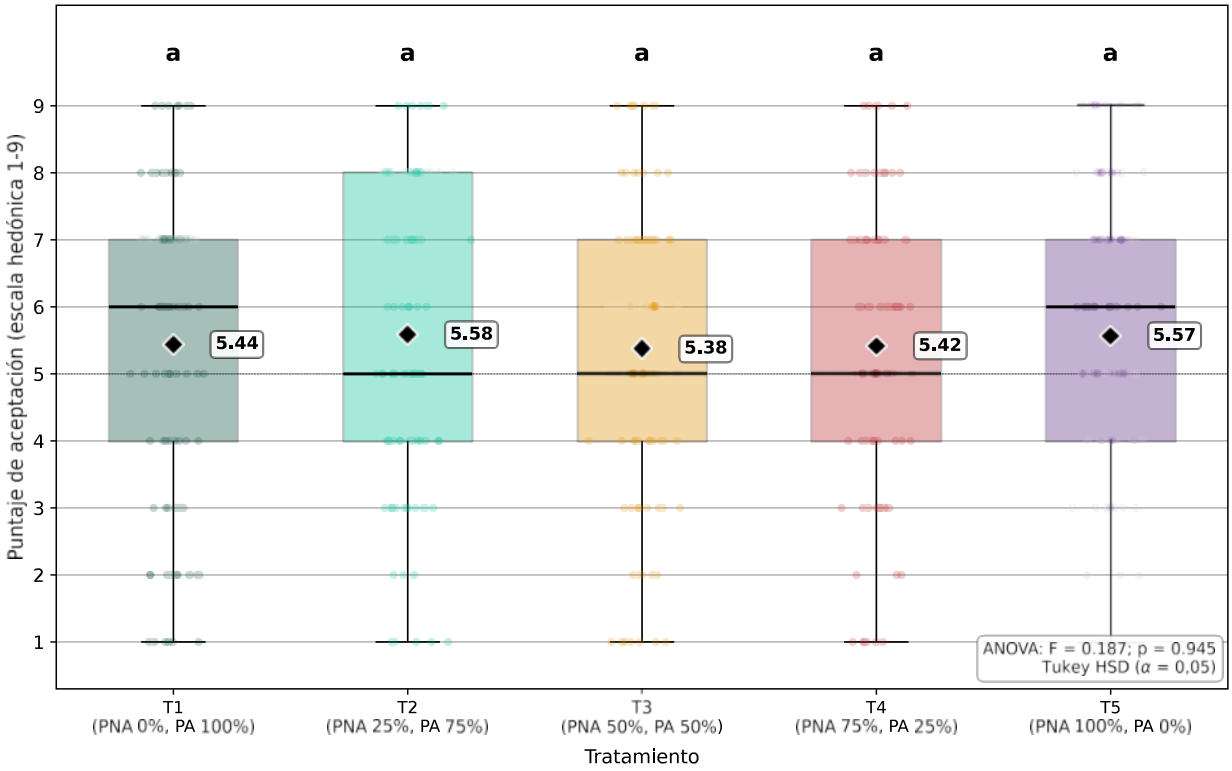
La caracterización sensorial mediante FC se justificó por su capacidad para capturar descriptores espontáneos proporcionados directamente por el consumidor, sin imponer una lista predefinida de atributos a ningún tipo de panelista, ya sea entrenado o experto. En ese sentido, Mahieu et al. (2020) demostraron, mediante una comparación directa con el Check-All-That-Apply (CATA) aplicado a vinos tintos franceses, que el FC ofrece una caracterización y una discriminación de productos superiores a las del CATA, especialmente cuando los productos presentan diferencias sutiles y descriptores no contemplados en listas estándar. En el caso de los piscos acholados, esta ventaja es aún mayor, ya que los descriptores emergentes asociados a mezclas específicas, como higo o frutos verdes, podrían no aparecer en listas predefinidas construidas a partir de piscos monovarietales.

4.3. Aceptación sensorial (Objetivo específico 3)

La aceptación sensorial, medida con una escala de nueve puntos, no diferenció los cinco tratamientos. El ANOVA en bloques completos al azar con el panelista como bloque, aplicado a las 106 respuestas, no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$). Todas las medias se ubicaron entre 5,3 y 5,6 puntos, con desviaciones estándar cercanas a 2,0 unidades hedónicas (Figura 18). Aunque T2 y T5 presentaron las medias numéricamente más altas, la elevada dispersión entre los catadores impidió detectar un efecto del tratamiento sobre la preferencia global.

Figura 18

Evaluación de la aceptación sensorial de los piscos puros y acholados mediante una escala hedónica de nueve puntos



Nota. Boxplot con mediana, intervalo intercuartílico y rango. El rombo negro indica la media aritmética. n = 106 consumidores; escala de 1 a 9. Elaboración propia.

La ausencia de diferencias hedónicas admite tres lecturas complementarias, coherentes con la literatura científica. Primero, las pruebas hedónicas con consumidores muestran una sensibilidad limitada para discriminar productos similares en categoría y graduación alcohólica, hallazgo recurrente en estudios sobre vinos y bebidas espirituosas (Hein et al., 2008; Sáenz-Navajas et al., 2013; Lattey et al., 2010). Segundo, la elevada dispersión observada (DE ≈ 2,0 unidades hedónicas) sugiere una segmentación de preferencias dentro del panel, en la que subgrupos con valoraciones opuestas pueden anular las diferencias en la media global; un análisis de segmentación por k-medias sobre los 106 panelistas, no realizado en este estudio,

podría revelar segmentos con preferencias diferenciadas. Tercero, la convergencia hedónica indica que las cinco formulaciones se ubicaron en la zona de aceptación del consumidor moqueguano. Con un panel de 106 consumidores, una desviación estándar de 2,0 y un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, el ANOVA en bloques completos tiene potencia estadística suficiente para detectar diferencias de aproximadamente 0,5 unidades hedónicas, mientras que las diferencias observadas entre tratamientos no superaron las 0,3 unidades. Desde la perspectiva del control de calidad, este resultado implica que la diferenciación del pisco moqueguano debe sustentarse en la huella química descrita en la sección 4.1 y en el perfil descriptivo de la sección 4.2, más que en la respuesta hedónica promedio. La calidad sensorial percibida no siempre coincide con la preferencia hedónica del consumidor (Hopfer & Heymann, 2014), ya que los expertos relacionan la calidad con atributos sensoriales definidos mientras que los consumidores muestran respuestas hedónicas más variables.

4.4. Correlación entre atributos sensoriales y compuestos volátiles y aceptación (Objetivo específico 4)

La integración estadística de los tres bloques de datos (composición volátil, perfil sensorial y aceptación hedónica) se abordó mediante cinco análisis complementarios. La sección 4.4.1 presenta las correlaciones bivariadas de Spearman entre los descriptores sensoriales y los compuestos volátiles (Figura 19), seguidas de la contribución relativa de cada bloque a las dimensiones comunes del análisis factorial múltiple (Figura 20), la red de correlaciones entre variables (Figura 21), el modelo de mediación que descompone el efecto químico sobre la aceptación en componentes directo e indirecto (Figura 22) y los mapas de superficie de respuesta hedónica sobre el espacio sensorial (Figura 23). En conjunto, estos análisis trazan la cadena causal volátiles → descriptores → aceptación y delimitan el alcance interpretativo de cada grupo de respuestas.

4.4.1. Correlaciones bivariadas entre descriptores y compuestos volátiles

La correlación de Spearman aplicada a la matriz conjunta de descriptores y compuestos volátiles permitió identificar las bases químicas de los principales atributos sensoriales (Figura 19). Se eligió la correlación de Spearman antes que la

de Pearson por ser una técnica no paramétrica adecuada para datos de frecuencia y robusta a la no normalidad y al bajo número de productos disponibles (n = 5 tratamientos), criterio recomendado en estudios químico-sensoriales de bebidas (Niimi et al., 2018; Schober et al., 2018). Tres patrones de correlación se destacaron y constituyen la primera capa de la cadena causal entre la composición y la percepción.

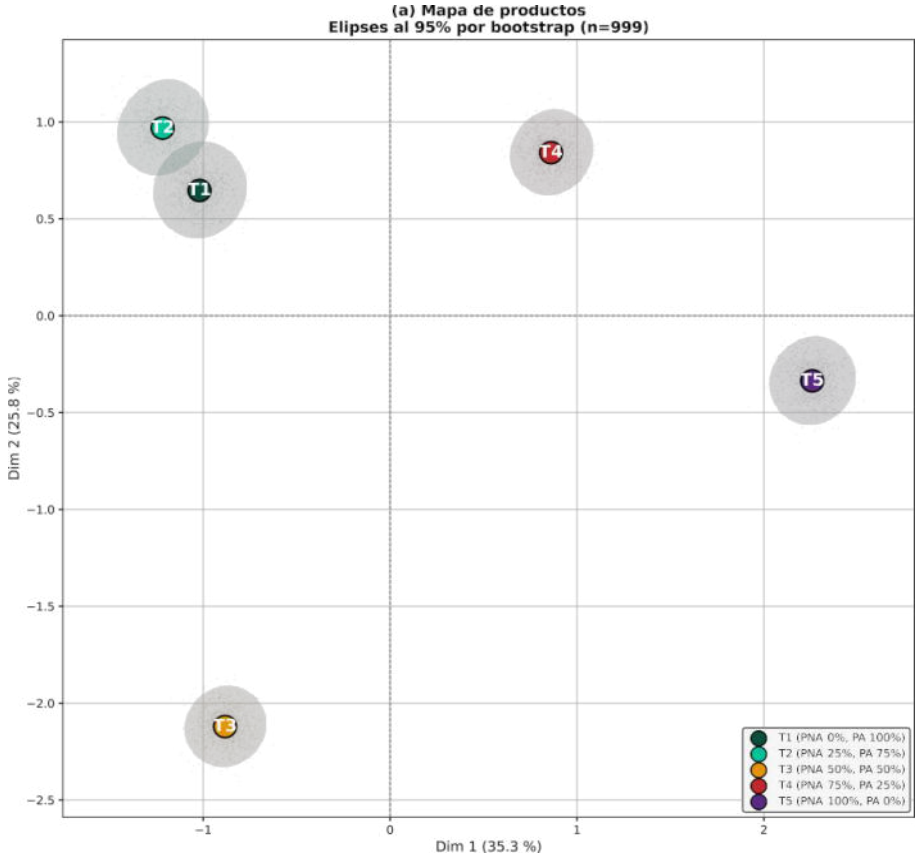
El primer patrón vinculó los descriptores florales y cítricos con la fracción terpénica varietal. El descriptor O-floral mostró una asociación positiva fuerte con linalool y geraniol, mientras que la frescura olfativa se asoció con monoterpenos como el limoneno y con norisoprenoides como el vitispirano. Esta asociación confirma que, en la tipicidad, los terpenos, especialmente en su forma libre, son responsables del aroma floral característico de las uvas aromáticas, constituyendo una contribución directa de la uva y un factor clave en la tipicidad del pisco (Black et al., 2015; Cacho et al., 2012a).

El segundo patrón vinculó la frutosidad de las mezclas intermedias a los ésteres etílicos de cadena media. Los descriptores O-afrutado y G-afrutado, máximos en T2 y T3, se correlacionaron significativamente con el octanoato y el decanoato de etilo. La presencia equilibrada de estos ésteres en T2 y T3, derivada del efecto sinérgico de las mezclas (sección 4.1.1), sustenta químicamente la frutosidad percibida y demuestra que las mezclas intermedias evitan tanto la saturación de notas pesadas propia del pisco no aromático como la neutralidad excesiva de los extremos puros, la composición de compuestos volátiles sustenta la percepción aromática del producto, dado que diferentes compuestos contribuyen a notas frutales, florales o pesadas en función de su naturaleza y concentración, afectando directamente la calidad sensorial (Paolini et al., 2022).

Figura 19

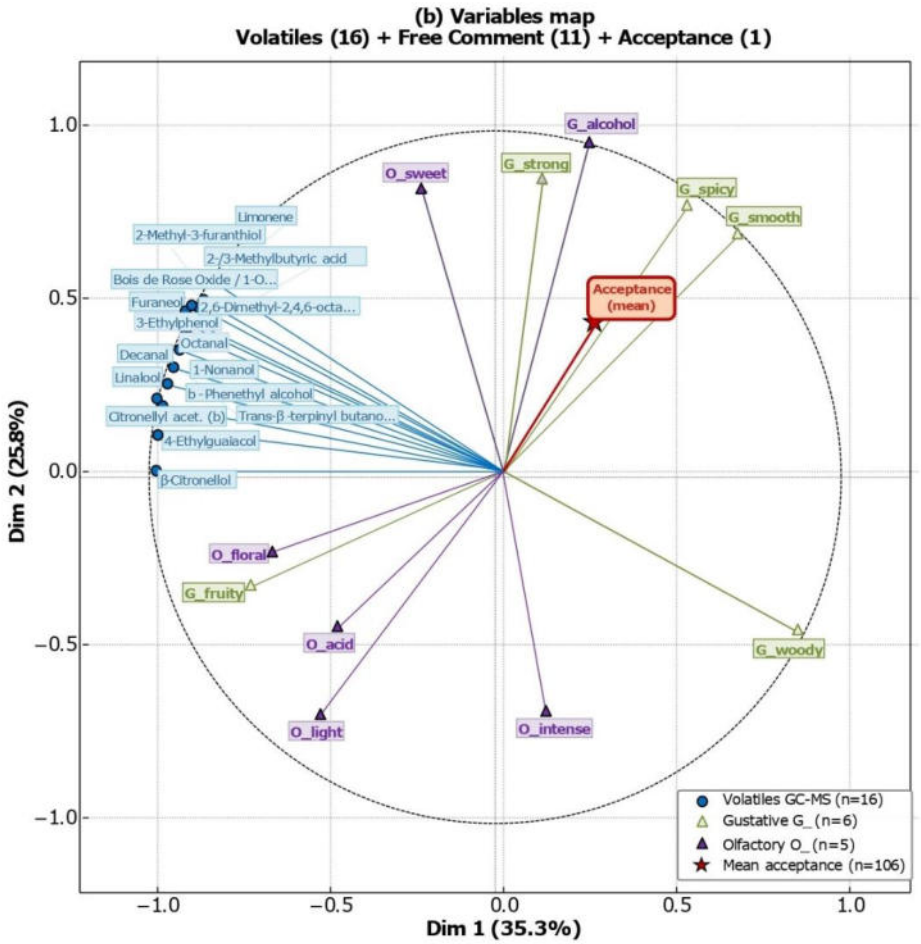
Mapa de correlaciones de Spearman entre volátiles, descriptores y aceptación

a) Mapa de correlaciones de Spearman entre los compuestos volátiles cuantificados por GC-MS, los descriptores sensoriales generados por Free Comment y la aceptación hedónica de los piscos puros y acholados (n = 5 tratamientos)



Nota. Las celdas en azul indican correlaciones positivas y las en rojo, correlaciones negativas; la intensidad del color es proporcional al coeficiente. Elaboración propia.

b) Mapa de variables del Análisis Factorial Múltiple: compuestos volátiles, descriptores del Free Comment y aceptación sensorial



Nota. Mapa de variables del Análisis Factorial Múltiple (MFA) sobre los tres bloques de datos: compuestos volátiles GC-MS (n = 16, círculos azules), descriptores gustativos del Free Comment (n = 6, triángulos verdes), descriptores olfativos del Free Comment (n = 5, triángulos morados) y aceptación media (n = 106, estrella roja). Dim 1 explica el 35,3 % y Dim 2 el 25,8 % de la varianza. La proximidad angular entre variables indica asociación; los vectores próximos a la aceptación (G_alcohol, G_strong) sugieren mayor relación con el agrado del consumidor.

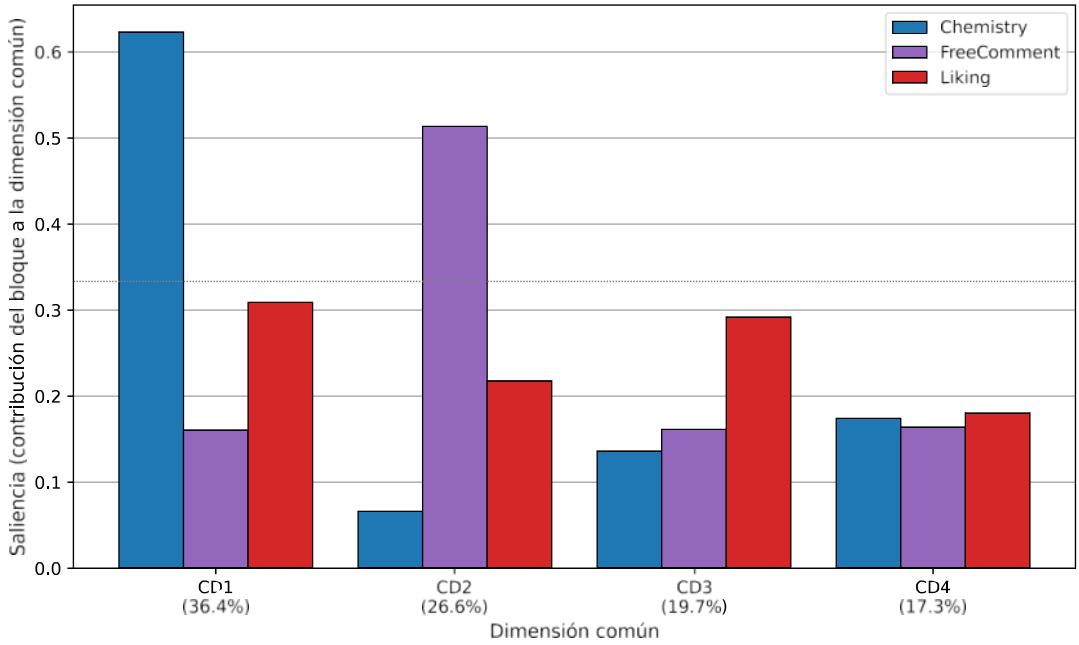
El tercer patrón explicó la dualidad trigeminal del pisco aromático puro. El dodecanoato de etilo y el hexadecanoato de etilo se correlacionaron positivamente tanto con el descriptor G-quemante como con el descriptor G-suave, lo que constituye la base química de la dualidad sensorial observada en T1. Estos compuestos de alto peso molecular aportan untuosidad táctil y, al mismo tiempo, intensifican la percepción pseudotérmica del etanol. Los tratamientos con mayor proporción de base no aromática (T4 y T5) se correlacionaron de forma inversa con estos lípidos volátiles y se asociaron con notas más ligeras y herbáceas, coherentes con el perfil esperado de la fracción no aromática (Ubeda et al., 2023).

4.4.2. Integración multibloque y modelado de mediación

El análisis factorial múltiple integró los tres bloques en un espacio de consenso y cuantificó la contribución relativa de cada bloque a las dimensiones comunes (Figura 20). La primera dimensión común (CD1) estuvo dominada por el bloque químico, lo cual es coherente con la elevada discriminación entre tratamientos lograda por el perfil volátil descrito en la sección 4.1. La segunda dimensión común (CD2) recibió el mayor aporte del bloque sensorial FC, lo que confirma que la verbalización del consumidor capta una varianza ortogonal a la composición química, en línea con lo reportado por Mahieu et al. (2020) en vinos. Las dimensiones CD3 y CD4 mostraron contribuciones más equilibradas entre los tres bloques, con mayor participación del componente hedónico en la CD3, lo que sugiere que la aceptación del consumidor depende de combinaciones latentes de la composición y de la percepción que no se reducen a un único bloque.

Figura 20

Contribución de los bloques químico, sensorial y aceptación a las dimensiones comunes del Análisis Factorial Múltiple

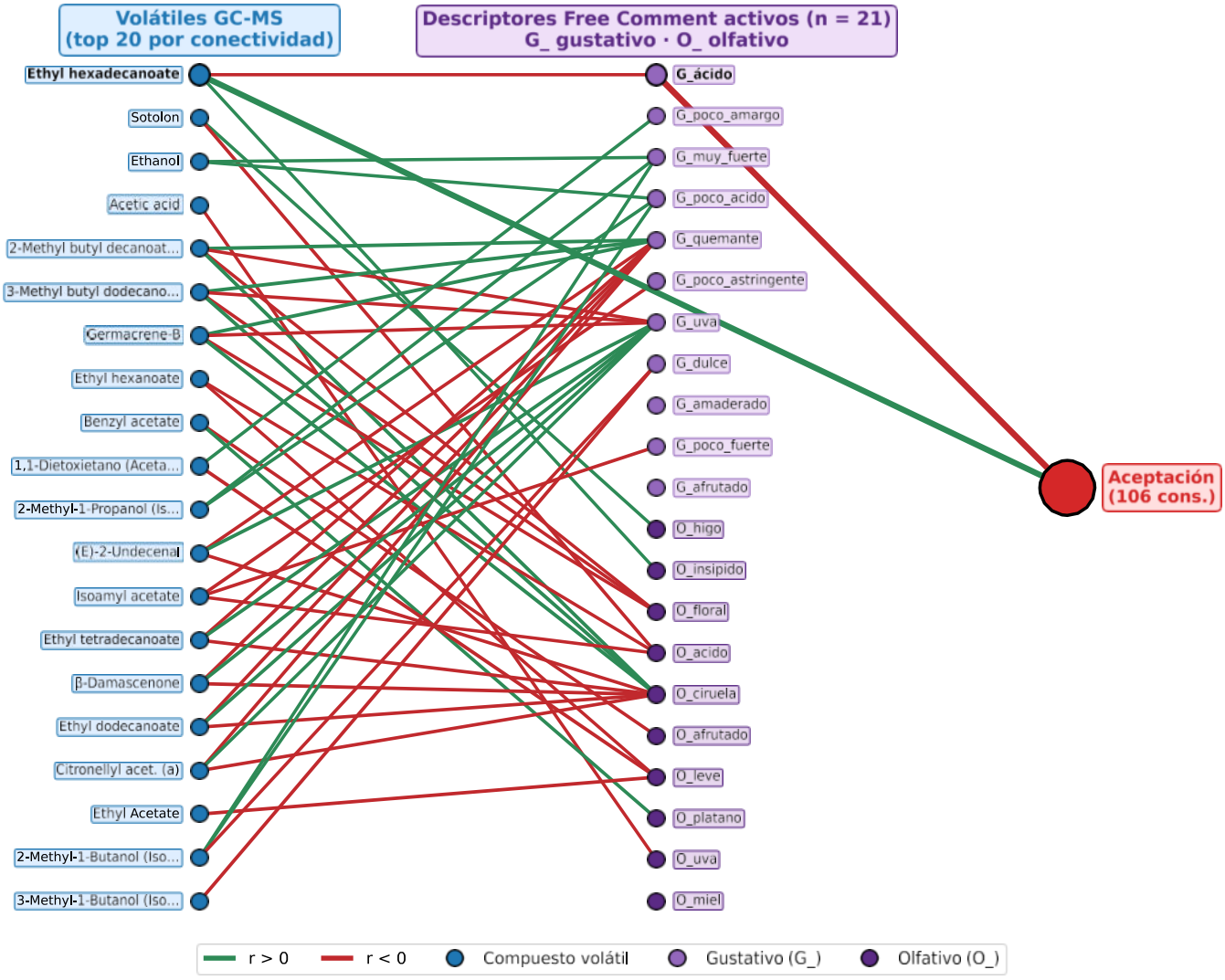


Nota. El gráfico muestra la contribución de los bloques químico, sensorial (Free Comment) y de aceptación a las dimensiones comunes del Análisis Factorial Múltiple. La CD1 está explicada principalmente por el bloque químico, la CD2 por el bloque sensorial, y las CD3 y CD4 presentan contribuciones más equilibradas, con mayor participación del componente hedónico en la CD3.

La red bipartita de correlaciones (Figura 21) reorganizó los pares variable-variable con coeficiente absoluto superior al umbral crítico de Pearson para n = 5 y α = 0,05 ($|r| \geq 0{,}90$). Tres núcleos de asociación destacaron en la red. El primer núcleo agrupó los monoterpenos (linalool, geraniol, β-citronelol), los norisoprenoides (β-damascenona, vitispirano) y los descriptores florales y frutales, todos asociados al pisco aromático puro y a la mezcla T2. El segundo núcleo conectó los ésteres etílicos de cadena larga (dodecanoato y hexadecanoato de etilo) con los descriptores G suave y G fuerte de los tratamientos con mayor proporción de uva Italia. El tercer núcleo aisló los marcadores varietales del pisco no aromático (germacreno B, decanoato de 2-metilbutilo, dodecanoato de 3-metilbutilo), junto con el descriptor G quemante, característico de T5. La aceptación no se conectó por encima del umbral con ninguno de los compuestos volátiles ni con la mayoría de los descriptores, lo cual concuerda con la ausencia de variación significativa en la respuesta hedónica reportada en la sección 4.3.

Figura 21

Red de correlaciones entre compuestos volátiles (GC-MS), descriptores sensoriales (Free Comment) y aceptación del consumidor.

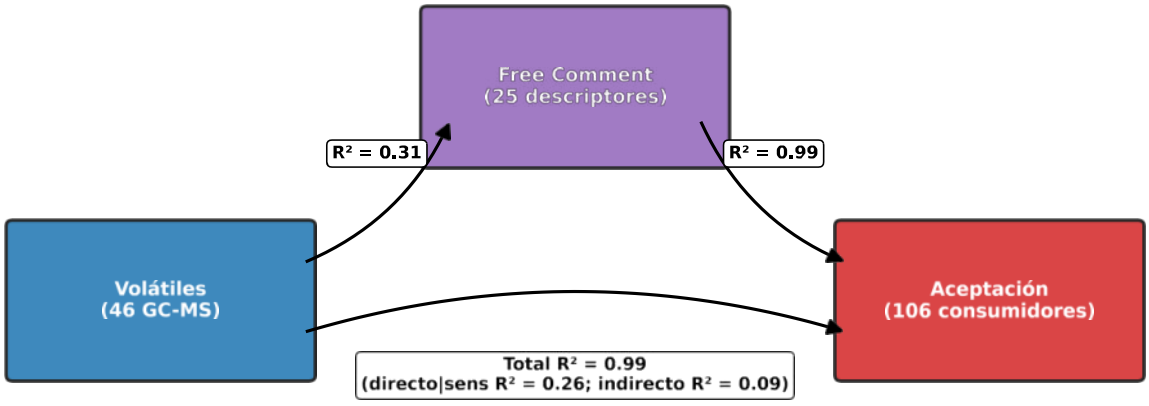


Nota. La figura muestra una red de correlaciones entre compuestos volátiles, descriptores sensoriales Free Comment y aceptación del consumidor. Las líneas verdes indican correlaciones positivas y las rojas negativas; el grosor representa la intensidad de la relación. Esta red permite visualizar cómo la composición volátil se asocia con la percepción sensorial y la aceptación del pisco.

El modelo de mediación SO-PLS-PM descompuso el efecto de la composición volátil sobre la aceptación sensorial en un componente directo y otro indirecto mediado por los descriptores sensoriales (Figura 22). El efecto indirecto, estimado a través de la cadena volátiles → descriptores → aceptación, presentó una capacidad explicativa baja, hallazgo coherente con la ausencia de variación significativa en la aceptación entre tratamientos descrita en la sección 4.3. El efecto directo, ortogonalizado respecto al bloque sensorial, tampoco resultó significativo. La descomposición confirma que la cadena causal química → percepción se evidencia con claridad en los dos primeros eslabones (volátiles → descriptores), pero no se cierra con un tercer eslabón consistente (descriptores → aceptación) en este panel y con este nivel de variación entre tratamientos, probablemente debido a una aceptación estadísticamente similar entre los tratamientos. La interpretación es que las cinco formulaciones evaluadas se ubican en una zona de aceptabilidad común, en la que los matices descriptivos no se traducen en preferencias hedónicas diferenciadas.

Figura 22

Modelo de mediación entre compuestos volátiles, descriptores sensoriales (Free Comment) y aceptación del consumidor



*Nota***.** El modelo muestra la relación entre compuestos volátiles, percepción sensorial y aceptación del consumidor. La aceptación se explica tanto por un efecto directo de los compuestos como por un efecto indirecto mediado por los descriptores sensoriales. Los valores de R^2 indican la capacidad explicativa del modelo en cada relación.

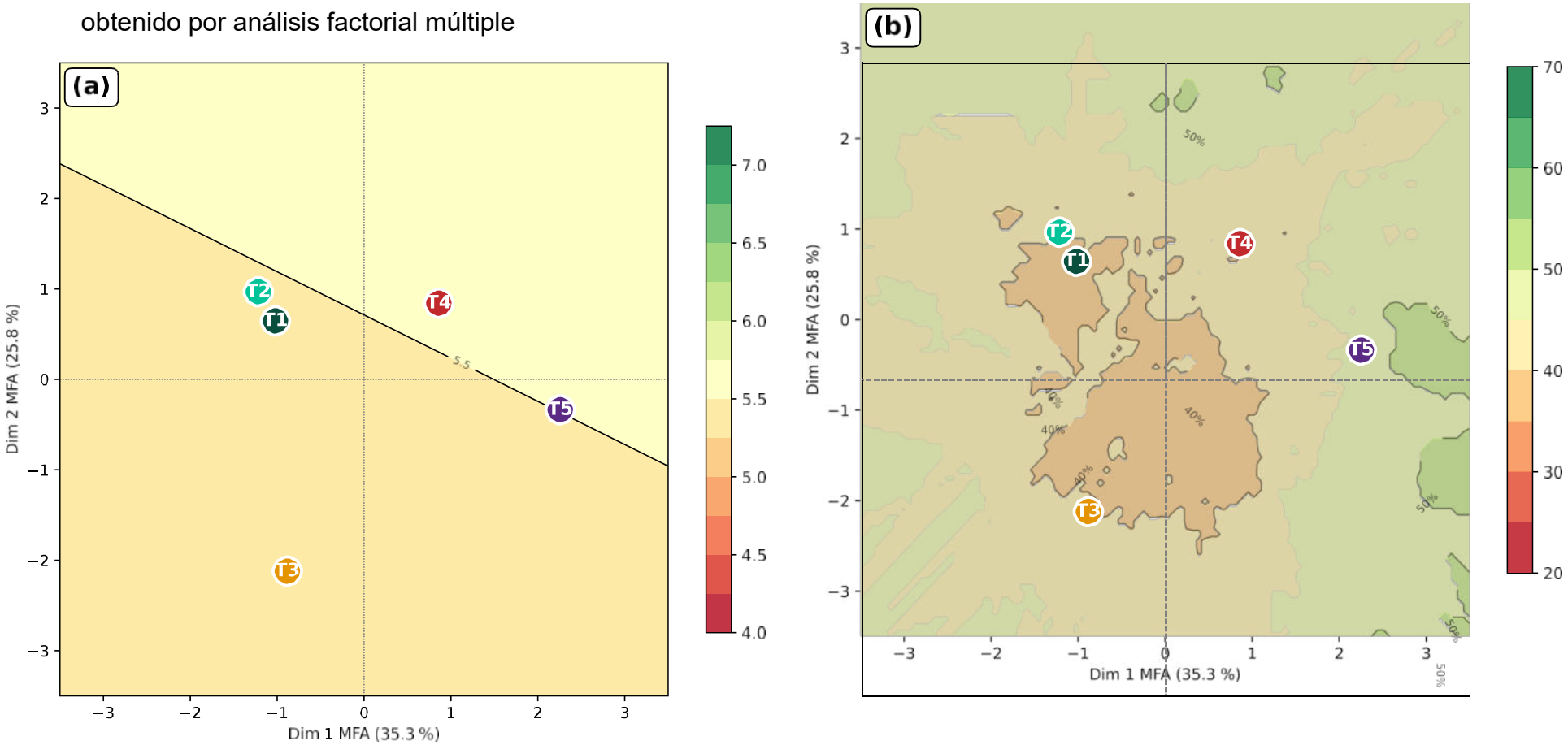
El R^2 de la relación química-sensorial (0,31) indica qué proporción de la variabilidad en los descriptores sensoriales puede predecirse a partir de la composición volátil; un valor moderado-bajo como este señala que la percepción del panel solo está parcialmente determinada por la química medible, de modo que buena parte de las diferencias sensoriales percibidas no se explica directamente por los volátiles cuantificados por GC-MS. El R^2 de la relación entre el perfil sensorial y la aceptación (0,99) indica qué proporción de la aceptación se explica por los descriptores sensoriales una vez identificados; un valor tan elevado refleja que, una vez que el panel discrimina las muestras, esa percepción sensorial traduce casi por completo la preferencia de los consumidores. La diferencia entre ambos coeficientes muestra, por tanto, que el principal cuello de botella del modelo no está en la conexión entre percepción y agrado, sino en el vínculo entre la composición volátil instrumental y la percepción sensorial.

Los mapas de superficie de respuesta proyectaron la aceptación predicha y el porcentaje de respuestas en las dos categorías superiores de la escala hedónica sobre el plano de consenso del análisis factorial múltiple (Figura 23). Las superficies presentaron gradientes suaves de baja amplitud en el plano sensorial, sin máximos pronunciados que aislaran una proporción de mezcla como significativamente preferida. Este resultado refuerza la interpretación del modelo de mediación: aunque los descriptores sensoriales sí discriminan entre tratamientos en el espacio del análisis factorial múltiple, la respuesta hedónica del consumidor moqueguano no presenta un patrón pronunciado en ese mismo espacio. Una eventual segmentación del panel mediante k-medias podría revelar subgrupos con superficies de respuesta diferenciadas, hipótesis que queda planteada para estudios posteriores con paneles ampliados.

Figura 23

Mapas de superficie de respuesta de aceptación predicha

(a) y de porcentaje de respuestas en las dos categorías superiores de la escala hedónica (b) sobre el espacio sensorial obtenido por análisis factorial múltiple



Mapas de preferencia similares han sido aplicados por Sáenz-Navajas et al. (2013) en vinos tintos españoles y por Ubeda et al. (2023) en destilados de uva chilenos, identificando de forma consistente que las zonas óptimas se ubican en regiones con complejidad aromática equilibrada, no en los extremos de máxima intensidad. La ubicación de las mezclas T2 y T3 en (o cerca de) la zona óptima del presente estudio es coherente con este principio y respalda la recomendación tecnológica: el blending del pisco moqueguano permite alcanzar zonas del espacio sensorial inaccesibles desde los piscos monovarietales puros, ampliando las posibilidades de diferenciación comercial sin comprometer la aceptación.

Limitaciones del estudio. La interpretación de los hallazgos descritos en las secciones 4.1 a 4.4 debe enmarcarse en el alcance muestral del estudio. Las muestras procedieron de una única bodega (Biondi e Hijos) y de una única cosecha (2019), sin réplicas de producción independientes. Por tanto, los resultados describen el sistema Italia-Negra Criolla en las condiciones específicas de elaboración de la bodega y la cosecha evaluadas, y no son extrapolables al pisco moqueguano en general ni a otras variedades, productores o cosechas. La aceptación se evaluó mediante un panel de 106 consumidores reclutados en la comunidad universitaria, lo que aporta validez ecológica para el consumidor moqueguano joven y educado, pero limita la generalización a otros segmentos. La semicuantificación con estándar interno de factor de respuesta unitario produce concentraciones aparentes con fines comparativos entre tratamientos, y no concentraciones absolutas calibradas.

La conexión química-sensorial es sólida, pero no en la aceptación, por la convergencia hedónica en la sección 4.3. Identificar marcadores químicos para cada modalidad sensorial es un primer paso hacia un control de calidad basado en la huella volátil (Saldaña et al., 2025).

V. CONCLUSIONES

El análisis de compuestos volátiles diferenció los cinco tratamientos en 35 de los 45 compuestos cuantificados ($p < 0,05$). El pisco aromático puro concentró monoterpenos varietales (linalool, geraniol), el no aromático sesquiterpenos (germacreno B) y compuestos de cadena ramificada, y las mezclas intermedias maximizaron los ésteres etílicos de cadena media y la β-damascenona por encima de ambos componentes puros. Este comportamiento no lineal descarta una suma proporcional de los perfiles parentales.

Los 106 consumidores generaron 55 descriptores (22 olfativos y 33 gustativos), con diferencias significativas en siete términos olfativos y once celdas gustativas ($p \leq 0,05$). El pisco aromático puro se asoció con descriptores florales y frutales, mientras que el no aromático puro fue el único que presentó una sensación quemante significativa.

La aceptación global no varió entre tratamientos (medias de 5,3 a 5,6 puntos; $p > 0,05$), y las cinco formulaciones se ubicaron en la zona de aceptabilidad. La dispersión observada (DE ≈ 2,0) sugiere segmentación de preferencias en el panel.

Los monoterpenos se correlacionaron con los descriptores florales, y los ésteres de cadena media, con los frutales ($p \leq 0,05$). La correlación entre los volátiles y la aceptación no fue significativa, por lo que los marcadores químicos explican el perfil descriptivo del producto, pero no la respuesta hedónica del panel.

VI. RECOMENDACIONES

Replicar el estudio en cosechas sucesivas y con muestras de varias bodegas moqueguanas, con el fin de cuantificar la variabilidad interanual e interproductor de la huella aromática del sistema Italia-Negra Criolla y de extender el alcance de los hallazgos más allá de la cosecha 2019 de la bodega Biondi e Hijos.

Caracterizar el efecto de matriz alcohólica observado en T2 (linalool 3,37 μg/mL y geraniol 0,21 μg/mL, superiores a los del pisco aromático puro) mediante análisis del coeficiente de partición vapor-líquido en sistemas modelo de etanol-agua con concentraciones crecientes de alcoholes superiores y de ésteres lipofílicos, para discriminar entre coextracción real y artefacto del muestreo HS-SPME.

Ampliar el panel hedónico más allá de los 106 consumidores empleados en este estudio o aplicar diseños de aceptación pareada con análisis de segmentación por k-medias, para incrementar la potencia estadística y revelar posibles segmentos de consumidores con preferencias diferenciadas que la media global enmascara.

Complementar la semicuantificación con un método cuantitativo absoluto basado en estándares externos calibrados para los compuestos clave identificados en este estudio (linalool, geraniol, octanoato y decanoato de etilo, β-damascenona, germacreno B), de modo que las concentraciones reportadas dejen de ser aparentes y se conviertan en valores comparables entre laboratorios. Así como explorar técnicas como ofatometría para poder estimar el poder odorante de un compuesto volátil.

Aplicar métodos sensoriales con paneles entrenados en paralelo a los paneles de consumidores, con el fin de contrastar la verbalización técnica con la del consumidor, calibrar los descriptores emergentes (higo, frutos verdes) y construir mapas sensoriales más robustos que apoyen la toma de decisiones en el control de calidad del pisco moqueguano.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agosin, E., Belancic, A., Ibacache, A., Baumes, R., y Bordeu, E. (2000). Aromatic potential of certain muscat grape varieties important for pisco production in Chile. American Journal of Enology and Viticulture, 51(4), 404–408. https://doi.org/10.5344/ajev.2000.51.4.404

Ares, G., y Jaeger, S. R. (2013). Check all that apply questions. Influence of attribute order on sensory product characterization. Food Quality and Preference, 28(1), 141–153. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.08.016

Ares, G., Varela, P., Rado, G., y Giménez, A. (2010). Identifying ideal products using three different consumer profiling methodologies. Comparison with external preference mapping. Food Quality and Preference, 22(6), 581–591. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.03.011

Adams, J., Williams, A., Lancaster, B., y Foley, M. (2007). Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. *7th Pangborn Sensory Science Symposium*, Minneapolis, USA, 12–16 August 2007

Arnaud, A. (2016). Sensory evaluation. Practical handbook. Wiley Blackwell.

Battilana, J., Emanuelli, F., Gambino, G., Gribaudo, I., Gasperi, F., Boss, P. K., y Grando, M. S. (2011). Functional effect of grapevine 1-deoxy-D-xylulose 5-phosphate synthase substitution K284N on Muscat flavour formation. Journal of Experimental Botany, 62(15), 5497–5508. https://doi.org/10.1093/jxb/err231

Bécue-Bertaut, M., y Pagès, J. (2008). Multiple factor analysis and clustering of a mixture of quantitative, categorical and frequency data. *Computational Statistics & Data Analysis*, 52(6), 3255–3268. https://doi.org/10.1016/j.csda.2007.09.023

Bi, P., Wangsheng, S., Shiqi, L., Xu, L., Yuhan, T., Long, F., y Zhang, Z. (2024). Characterization of the effect of non Saccharomyces cerevisiae on the non volatile constituents and volatile profiles of low alcoholic pomegranate

beverages. Food Bioscience, 59, 103870. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103870

Black, C. A., Parker, M., Siebert, T. E., Capone, D. L., y Francis, I. L. (2015). Terpenoids and their role in wine flavour. Recent advances. Australian Journal of Grape and Wine Research, 21(S1), 582–600. https://doi.org/10.1111/ajgw.12186

Cáceres, H., Quispe, P., Pignataro, D., Orjeda, G., y Lacombe, T. (2017). Caracterización morfológica de variedades de vid para producción de pisco bajo condiciones de la zona media del valle de Ica, Perú. Scientia Agropecuaria, 8(1), 63–72. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.01.06

Cacho, J., Culleré, L., Moncayo, L., Palma, J. C., y Ferreira, V. (2012b). Characterization of the aromatic profile of the Quebranta variety of Peruvian pisco by gas chromatography olfactometry and chemical analysis. Flavour and Fragrance Journal, 27(4), 322–333. https://doi.org/10.1002/ffj.3104

Cacho, J., Moncayo, L., Palma, J. C., Ferreira, V., y Culleré, L. (2012a). Characterization of the aromatic profile of the Italia variety of Peruvian pisco by gas chromatography olfactometry and gas chromatography coupled with flame ionization and mass spectrometry detection systems. Food Research International, 49(1), 117–125. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.065

Cacho, J., Moncayo, L., Palma, J. C., Ferreira, V., y Culleré, L. (2013). The impact of grape variety on the aromatic chemical composition of non aromatic Peruvian pisco. Food Research International, 54(1), 373–381. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.019

Cadoret, M., y Husson, F. (2013). Construction and evaluation of confidence ellipses applied at sensory data. Food Quality and Preference, 28, 106–115. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.09.005

Camiz, S., y Gomes, G. C. (2013). Joint correspondence analysis versus multiple correspondence analysis: A solution to an undetected problem. En P. Giudici,

S. Ingrassia y M. Vichi (Eds.), Statistical models for data analysis (pp. 35–43). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00032-9_5

Campo, E., Cacho, J., y Ferreira, V. (2008). The chemical characterization of the aroma of dessert and sparkling white wines (Pedro Ximénez, Fino, Sauternes and Cava) by gas chromatography olfactometry and chemical quantitative analysis. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(7), 2477–2484. https://doi.org/10.1021/jf072968l

Campo, E., Ferreira, V., Escudero, A., y Cacho, J. (2005). Prediction of the wine sensory properties related to grape variety from dynamic headspace gas chromatography olfactometry data. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(14), 5682–5690. https://doi.org/10.1021/jf047870a

Cariou, V., Qannari, E. M., Rutledge, D. N., y Vigneau, E. (2017). ComDim: From multiblock data analysis to path modeling. Food Quality and Preference. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.02.012

Centro de Investigación en Economía y Negocios Globales. (2022). Reporte sectorial de la cadena del pisco en el Perú. CIEN ADEX.

Charapitsa, S., Sytova, S., Kavalenka, A., Sobolenko, L., Yegorov, V., y Lapko, S. (2021). Direct gas chromatographic determination of volatile congeners in alcoholic beverages. Validation of an internal standard method. Journal of AOAC International, 104(2), 480–487. https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsaa158

Coulon-Leroy, C., Symoneaux, R., Lawrence, G., Mehinagic, E., y Maitre, I. (2017). Mixed Profiling: A new tool of sensory analysis in a professional context. Application to wines. Food Quality and Preference, 57, 8–16. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.11.005

Culleré, L., Cacho, J., y Ferreira, V. (2009). Comparative study of the aromatic profile of different kinds of wine cork stoppers. Food Chemistry, 112(2), 381–387. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.085

Desta Gebremedhin, G., Remedios, C., Hidalgo Gárate, J., Robles, A. D., y Durán Guerrero, E. (2023). Method development of stir bar sportive extraction coupled with thermal desorption gas chromatography mass spectrometry for the analysis of phthalates in Peruvian pisco. Journal of Chromatography A, 1711, 464470. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2023.464470

Escofier, B., y Pagès, J. (1994). Multiple factor analysis (AFMULT package). Computational Statistics & Data Analysis, 18, 121–140.

Falqué, E., Fernández, E., y Dubourdieu, D. (2001). Differentiation of white wines by their aromatic index. Talanta, 54(2), 271–281. https://doi.org/10.1016/S0039-9140(00)00641-X

Francis, I. L., y Williamson, P. O. (2015). Application of consumer sensory science in wine research. Australian Journal of Grape and Wine Research, 21(S1), 554–567. https://doi.org/10.1111/ajgw.12169

Granato, D., Calado, V. M. A., y Jarvis, B. (2014). Observations on the use of statistical methods in food science and technology. Food Research International, 55, 137–149. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.024

Granato, D., Santos, J. S., Escher, G. B., Ferreira, B. L., y Maggio, R. M. (2018). Use of principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) for multivariate association between bioactive compounds and functional properties in foods. A critical perspective. Trends in Food Science and Technology, 72, 83–90. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.006

Guo, X., Schwab, W., Ho, C. T., Song, C., y Wan, X. (2020). Characterization of the aroma profiles of oolong tea made from three tea cultivars by both GC MS and GC IMS. Food Chemistry, 376, 131933. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131933

Guth, H. (1997). Quantitation and sensory studies of character impact odorants of different white wine varieties. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45(8), 3027–3032. https://doi.org/10.1021/jf970280a

Gutiérrez, G. (2003). El pisco, denominación de origen peruana. Agenda Internacional, 9(19), 245–298. https://doi.org/10.18800/agenda.200302.014

Hanaei, F., Cuvelier, G., y Sieffermann, J.-M. (2015). Consumer texture descriptions of a set of processed cheese. Food Quality and Preference, 40(B), 316–325. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.07.005

Hanafi, M., y Qannari, E. M. (2008). Nouvelles propriétés de l'analyse en composantes communes et poids spécifiques. Journal de la Société Française de Statistique, 149(2), 75–97.

Hatta, B., y Tonietto, J. (2012). El clima vitícola de regiones productoras de uvas para vinos y piscos del Perú. En J. Tonietto, V. Sotés y V. Gómez Miguel (Eds.), Clima, zonificación y tipicidad del vino en regiones vitivinícolas iberoamericanas (pp. 411–432). CYTED.

Hazelwood, L. A., Daran, J.-M., van Maris, A. J. A., Pronk, J. T., y Dickinson, J. R. (2008). The Ehrlich pathway for fusel alcohol production: A century of research on Saccharomyces cerevisiae metabolism. Applied and Environmental Microbiology, 74(8), 2259–2266. https://doi.org/10.1128/AEM.02625-07

Hein, K. A., Jaeger, S. R., Carr, B. T., y Delahunty, C. M. (2008). Comparison of five common acceptance and preference methods. Food Quality and Preference, 19(7), 651–661. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2008.06.001

Herraiz, M., Reglero, G., Herraiz, T., y Loyola, E. (1990). Analysis of wine distillates made from muscat grapes (pisco) by multidimensional gas chromatography and mass spectrometry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38(7), 1540–1543. https://doi.org/10.1021/jf00097a024

Hidalgo, P., Pueyo, E., Pozo Bayón, M. A., Martínez Rodríguez, A. J., Martín Álvarez, P., y Polo, M. C. (2016). Sensory and analytical study of rosé sparkling wines manufactured by second fermentation in the bottle. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(21), 6640–6645. https://doi.org/10.1021/jf040290x

Hopfer, H., y Heymann, H. (2013). A summary of projective mapping observations. The effect of replicates and shape, and individual performance measurements.

Food Quality and Preference, 28(1), 164–181. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.08.017

Hopfer, H., y Heymann, H. (2014). Judging wine quality. Do we need experts, consumers or trained panelists? Food Quality and Preference, 32(Part C), 221–233. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.10.004

Huamán, M., Salas, S., Huamán, A., Tito, R., y Pretell, R. (2016). Caracterización de cinco variedades de pisco peruano. Scientia Agropecuaria, 7(4), 433–444. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.04.10

Huertas Vallejos, L. (2004). Historia de la producción de vinos y piscos en el Perú. Universum, 19(2), 44–61. https://doi.org/10.4067/S0718-23762004000200004

Husson, F., Lê, S., y Pagès, J. (2005). Confidence ellipse for the sensory profiles obtained by principal component analysis. Food Quality and Preference, 16, 245–250. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2004.04.019

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2006). Norma Técnica Peruana 211.001. Bebidas alcohólicas. Pisco. Requisitos. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2019). Reglamento de la denominación de origen pisco. INDECOPI.

International Organization for Standardization. (2007). *ISO 8589:2007. Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms*. ISO.

Ishii, R., Kawaguchi, H., O'Mahony, M., y Rousseau, B. (2007). Relating consumer and trained panels' discriminative sensitivities using vanilla flavored ice cream as a medium. Food Quality and Preference, 18(1), 89–96. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.08.005

Jeong, S., y Kim, H. (2025). Higher alcohols in alcoholic beverages. Formation pathways, sensory contribution and quality control. Beverages, 11(2), 23. https://doi.org/10.3390/beverages11020023

Jiang, B., y Zhang, Z. W. (2018). A preliminary study of aroma composition and impact odorants of Cabernet Franc wines under different terrain conditions of the Loess Plateau region (China). Molecules, 23(5), 1096. https://doi.org/10.3390/molecules23051096

Josse, J., Pagès, J., y Husson, F. (2008). Testing the significance of the RV coefficient. Computational Statistics & Data Analysis, 53, 82–91. https://doi.org/10.1016/j.csda.2008.06.012

Kelanne, N., Siegmund, B., Metz, T., Yang, B., y Laaksonen, O. (2022). Comparison of volatile compounds and sensory profiles of alcoholic black currant (Ribes nigrum) beverages produced with Saccharomyces, Torulaspora and Metschnikowia yeasts. Food Chemistry, 370, 131049. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131049

Krosnick, J. A. (1999). Survey research. Annual Review of Psychology, 50(1), 537–567. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.50.1.537

Lahne, J. (2023). Impact of dilution on whisky aroma. A sensory and volatile composition analysis. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 71(11), 4554–4566. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c08056

Lattey, K. A., Bramley, B. R., y Francis, I. L. (2010). Consumer acceptability, sensory properties and expert quality judgements of Australian Cabernet Sauvignon and Shiraz wines. Australian Journal of Grape and Wine Research, 16(1), 189–202. https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00069.x

Lawless, H. T., y Heymann, H. (2010). Sensory evaluation of food. Principles and practices (2.ª ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5

Ledauphin, J., Guichard, H., Saint-Clair, J.-F., Picoche, B., y Barillier, D. (2003). Chemical and sensorial aroma characterization of freshly distilled Calvados. 2. Identification of volatile compounds and key odorants. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(2), 433–442. https://doi.org/10.1021/jf020373e

Lee, J. (2025). Recent advances in volatile compound analysis of distilled spirits. Journal of Food Composition and Analysis, 134, 106789. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106789

Lillo, M. P. (2005). Aromas del pisco chileno. Caracterización sensorial e instrumental [Tesis de doctorado, Pontificia Universidad Católica de Chile].

Liu, P., Zheng, P., Feng, L., Gong, Z., Zheng, L., Gao, S., Wang, X., Ye, F., Huang, J., y Liu, Z. (2022). Dynamic changes in the aroma profile of Qingzhuan tea during its manufacture. Food Chemistry, 375, 131847. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131847

López Vázquez, C., Bollaín, M. H., Berstsch, K., y Orriols, I. (2010). Fast determination of principal volatile compounds in distilled spirits. Food Control, 21(11), 1436–1441. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.04.011

Lukić, I., Miličević, B., Banović, M., Tomas, S., Radeka, S., y Peršurić, Đ. (2006). Characterization and differentiation of monovarietal grape marc distillates on the basis of varietal aroma compound composition. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54(20), 7619–7626. https://doi.org/10.1021/jf061518a

MacFie, H. J., Bratchell, N., Greenhoff, K., y 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

Madrera, R. R., Blanco Gomis, D., y Mangas Alonso, J. J. (2010). Fast determination of principal volatile compounds in distilled spirits. Food Control, 21(11), 1533–1537. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.04.011

Mahieu, B., Schlich, P., Visalli, M., y Cardot, H. (2021). A multiple-response chi-square framework for the analysis of Free-Comment and Check-All-That-Apply data. Food Quality and Preference, 93, 104256. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104256

Mahieu, B., Schlich, P., Visalli, M., y Thomas, A. (2020). Free comment outperforms check all that apply for the sensory characterization of wines with consumers.

Food Quality and Preference, 84, 103937. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103937

Mahieu, B., Visalli, M., y Schlich, P. (2022). Identifying drivers of liking and characterizing the ideal product thanks to Free-JAR questions. Food Quality and Preference, 99, 104564. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104564

Malinvaud, E. (1964). Méthodes statistiques de l'économétrie. Dunod.

May, B., Lange, B. M., y Wüst, M. (2013). Biosynthesis of sesquiterpenes in grape berry exocarp of Vitis vinifera L. Evidence for a transport of farnesyl diphosphate precursors from plastids to the cytosol. Phytochemistry, 95, 135–144. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.07.021

Mazerolles, G., Hanafi, M., Dufour, E., Bertrand, D., y Qannari, E. M. (2006). Common components and specific weights analysis: A chemometric method for dealing with complexity of food products. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 81, 41–49. https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2005.09.004

Mendes-Pinto, M. M. (2009). Carotenoid breakdown products the-norisoprenoids-in wine aroma. Archives of Biochemistry and Biophysics, 483(2), 236–245. https://doi.org/10.1016/j.abb.2009.01.008

Mevik, B.-H., y Wehrens, R. (2007). The pls package: Principal component and partial least squares regression in R. *Journal of Statistical Software*, 18(2), 1–24. https://doi.org/10.18637/jss.v018.i02

Ministerio de Agricultura. (2008). Informe de registro de productores de uva en regiones de Ica, Arequipa, Moquegua, Tacna y Lima Provincias. Dirección de Estadística.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). Estadística agraria. Producción de uva pisquera por regiones. MINAGRI.

Ministerio de la Producción. (2024). Anuario estadístico industrial, mipyme y comercio interno. PRODUCE.

Napa Almeyda, C., Mariños Anticona, C., y Ramos Escudero, F. (2023). Volatile composition and sensory descriptive analysis of Peruvian pisco from different grape varieties and production zones. Beverages, 9(3), 65. https://doi.org/10.3390/beverages9030065

Næs, T., Tomic, O., Mevik, B.-H., y Martens, H. (2011). Path modelling by sequential PLS regression. Journal of Chemometrics, 25(1), 28–40. https://doi.org/10.1002/cem.1357

Niimi, J., Tomic, O., Næs, T., Bastian, S. E. P., Jeffery, D. W., y Boss, P. K. (2018). Application of sequential and orthogonalised-partial least squares (SO-PLS) regression to predict sensory properties of Cabernet Sauvignon wines from grape chemical composition. Food Chemistry, 256, 195–202. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.120

Obreque Slier, E., Saldaña, E., y Peña Neira, A. (2024). Pisco and its place among South American grape distillates. A review of recent advances in volatile composition and sensory characterization. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 64(15), 4982–4998. https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2173554

Osorio, C., Alarcón, M., Moreno, C., Bonilla, A., Barrios, J., Garzón, C., y Duque, C. (2004). Characterization of odor active volatiles in champa (Campomanesia lineatifolia R. y P.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54(2), 509–516. https://doi.org/10.1021/jf052098c

Pagès, J. (2014). Multiple factor analysis by example using R. Chapman and Hall/CRC.

Pagès, J., y Tenenhaus, M. (2001). Multiple factor analysis combined with PLS path modelling. Application to the analysis of relationships between physicochemical variables, sensory profiles and hedonic judgements. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 58, 261–273. https://doi.org/10.1016/S0169-7439(01)00165-4

Palma, J. C., Saldaña, E., Cabrera Vique, C., y Calderón, J. (2025). Advances in the chemical and sensory characterization of pisco. Beverages, 11(1), 8. https://doi.org/10.3390/beverages11010008

Paolini, M., Tonidandel, L., Moser, S., y Larcher, R. (2022). Development of a fast gas chromatography mass spectrometry method for the determination of fatty acid ethyl esters in distillates. LWT, 156, 113025. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.113025

Parr, W. V., Heatherbell, D., y White, K. G. (2002). Demystifying wine expertise. Olfactory threshold, perceptual skill and semantic memory in expert and novice wine judges. Chemical Senses, 27(8), 747–755. https://doi.org/10.1093/chemse/27.8.747

Peña Lillo, M., Latrille, E., Casaubon, G., Agosin, E., Bordeu, E., y Martin, N. (2005). Comparison between odour and aroma profiles of Chilean pisco spirit. Food Quality and Preference, 16(1), 59–70. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2004.01.002

Peryam, F., y Pilgrim, F. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. Food Technology, 11(S1), 9–14.

Pineau, B., Barbe, J.-C., Van Leeuwen, C., y Dubourdieu, D. (2007). Which impact for β-damascenone on red wines aroma? Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(10), 4103–4108. https://doi.org/10.1021/jf070120r

PROMPERÚ. (2024). Reporte de exportaciones de pisco peruano. Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo.

Qannari, E. M., Wakeling, I., Courcoux, P., y MacFie, H. J. H. (2000). Defining the underlying sensory dimensions. Food Quality and Preference, 11(1–2), 151–154. https://doi.org/10.1016/S0950-3293(99)00069-5

R Core Team. (2021). R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/

Robert, P., y Escoufier, Y. (1976). A unifying tool for linear multivariate statistical methods: The RV-coefficient. Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics), 25(3), 257–265. https://doi.org/10.2307/2347233

Robinson, A. L., Ebeler, S. E., Heymann, H., Boss, P. K., Solomon, P. S., y Trengove, R. D. (2009). Interactions between wine volatile compounds and grape and wine matrix components influence aroma compound headspace partitioning. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57(21), 10313–10322. https://doi.org/10.1021/jf902586n

Rousseau, B. (2015). Sensory discrimination testing and consumer relevance. Food Quality and Preference, 43, 122–125. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.03.001

Sáenz Navajas, M. P., Ferreira, V., Dizy, M., y Fernández Zurbano, P. (2013). Characterization of taste active fractions in red wine combining HPLC fractionation, sensory analysis and ultra performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry detection. Analytica Chimica Acta, 732, 159–167. https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.11.009

Saerens, S. M. G., Delvaux, F. R., Verstrepen, K. J., y Thevelein, J. M. (2010). Production and biological function of volatile esters in Saccharomyces cerevisiae. Microbial Biotechnology, 3(2), 165–177. https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2009.00106.x

Saldaña, E., Palma, J. C., Pflanzer, S. B., Ferreira, V., y Calderón, J. (2025). Toward an integrated quality framework for pisco. Volatile fingerprint and consumer perception. Foods, 14(2), 256. https://doi.org/10.3390/foods14020256

Saldaña, E., Saldarriaga, L., Cabrera, J., Siche, R., Behrens, J. H., Selani, M. M., de Almeida, M. A., Silva, L. F., Silva Pinto, J. S., y Contreras-Castillo, C. J. (2019). Descriptive analysis of bacon smoked with Brazilian woods from reforestation: Methodological aspects, statistical analysis, and study of sensory characteristics. Meat Science, 148, 153–163. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.012

Schlich, P. (2017). Temporal dominance of sensations (TDS): A new deal for temporal sensory analysis. Current Opinion in Food Science, 15, 38–42. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.05.003

Schober, P., Boer, C., y Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients. Appropriate use and interpretation. Anesthesia & Analgesia, 126(5), 1763–1768. https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864

Spence, C. (2015). Multisensory flavor perception. Cell, 161(1), 24–35. https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.007

Stone, H., y Sidel, J. L. (2004). Sensory evaluation practices (3.ª ed.). Academic Press.

Šuklje, K., Antalick, G., Buica, A., Coetzee, Z. A., Brand, J., Schmidtke, L. M., y Vivier, M. A. (2016). Inter-vintage variability of the sensory and chemical characteristics of Shiraz wines as a function of vineyard management. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96(13), 4339–4348. https://doi.org/10.1002/jsfa.7672

Swiegers, J. H., Bartowsky, E. J., Henschke, P. A., y Pretorius, I. S. (2005). Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavour. Australian Journal of Grape and Wine Research, 11(2), 139–173. https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00285.x

Symoneaux, R., Galmarini, M. V., y Mehinagic, E. (2012). Comment analysis of consumer's likes and dislikes as an alternative tool to preference mapping. A case study on apples. Food Quality and Preference, 24(1), 59–66. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.08.013

Ten Kleij, F., y Musters, P. A. D. (2003). Text analysis of open ended survey responses. A complementary method to preference mapping. Food Quality and Preference, 14(1), 43–52. https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00011-3

Tsakiris, A., Kallithraka, S., y Kourkoutas, Y. (2014). Grape brandy production, composition and sensory evaluation. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94(3), 404–414. https://doi.org/10.1002/jsfa.6377

Ubeda, C., Hornedo Ortega, R., Cerezo, A. B., Garcia Parrilla, M. C., y Troncoso, A. M. (2023). Chemical hazards in spirits. Volatile compounds and contaminants from raw material to consumption. Trends in Food Science and Technology, 132, 86–100. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.12.012

Valentin, D., Chollet, S., Lelièvre, M., y 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

Varela, P., y Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. Food Research International, 48(2), 893–908. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.037

Verstrepen, K. J., Van Laere, S. D. M., Vanderhaegen, B. M. P., Derdelinckx, G., Dufour, J.-P., Pretorius, I. S., Winderickx, J., Thevelein, J. M., y Delvaux, F. R. (2003). Expression levels of the yeast alcohol acetyltransferase genes ATF1, Lg-ATF1, and ATF2 control the formation of a broad range of volatile esters. Applied and Environmental Microbiology, 69(9), 5228–5237. https://doi.org/10.1128/AEM.69.9.5228-5237.2003

Villamor, R. R., Evans, M. A., Mattinson, D. S., y Ross, C. F. (2013). Effects of ethanol, tannin and fructose on the headspace concentration and potential sensory significance of odorants in a model wine. Food Research International, 50(1), 38–45. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.037

Visalli, M., Dubois, M., Schlich, P., Ealla, V., Galmarini, M. V., Mahieu, B., Brand, J., Bord, C., Smith, P. A., Bavaresco, L., Buica, A., Tarrega, A., Bordeu, E., Casaubon, G., Cuevas-Valenzuela, J., y Symoneaux, R. (2023). Relevance of Free-Comment to describe wine temporal sensory perception: An application with panels varying in culture and expertise. Food Quality and Preference, 105, 104777. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104777

Ward, J. H., Jr. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58(301), 236–244. https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845

Wardencki, W., Sowiński, P., y Curyło, J. (2003). Evaluation of headspace solid phase microextraction for the analysis of volatile carbonyl compounds in spirits and alcoholic beverages. Journal of Chromatography A, 984(1), 89–96. https://doi.org/10.1016/S0021-9673(02)01741-7

Wiśniewska, P., Śliwińska, M., Dymerski, T., Wardencki, W., y Namieśnik, J. (2025). Flavor characteristics and formation mechanisms in spirits. A case study in whisky. Food Research International, 200, 115547. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.115547

Yan, Y., Sun, L., Xin, B., Zhao, F., Lan, Y., y Li, X. (2024). Characterization of key aroma active compounds and their interactions in Chinese baijiu by gas chromatography olfactometry, sensory evaluation and partial least squares regression. Food Chemistry, 437, 137843. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137843

ANEXOS

Anexo 1. *Ficha sensorial empleada en la evaluación del Free comment.*

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA PISCO

FREE COMMENT

A continuación, se procederá a evaluar la muestra de pisco:

_____

Ahora, huele la muestra de pisco _____ y describe con tus propias palabras lo que percibes, libremente

Prueba la muestra de pisco _____ y describa con tus propias palabras lo que percibes, libremente

Después, indique cuánto le ha gustado o disgustado el producto en general utilizando la siguiente escala de 9 puntos:



Nota. Elaboración propia.

Anexo 2. *Ficha de evaluación aplicado a los consumidores*

Proyecto de Investigación: **INTERACCIONES OLFATO-GUSTATIVAS RESPONSABLES DE LA CALIDAD AROMÁTICA DEL PISCO** aprobado bajo resolución **C.O. N° 352-2022-UNAM**

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA PISCO

FREE COMMENT

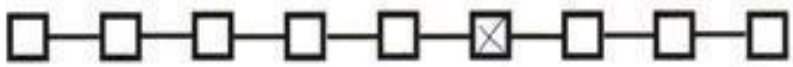
Ahora, huele la muestra de pisco S14 y describe con tus propias palabras lo que percibes, libremente

Huele a pisco al inicio un olor fuerte pero agradable, conforme lo sigues oliendo el olor deja de ser fuerte se torna agradable lo ok, por un buen rato y me empieza a irritar un poco la nariz

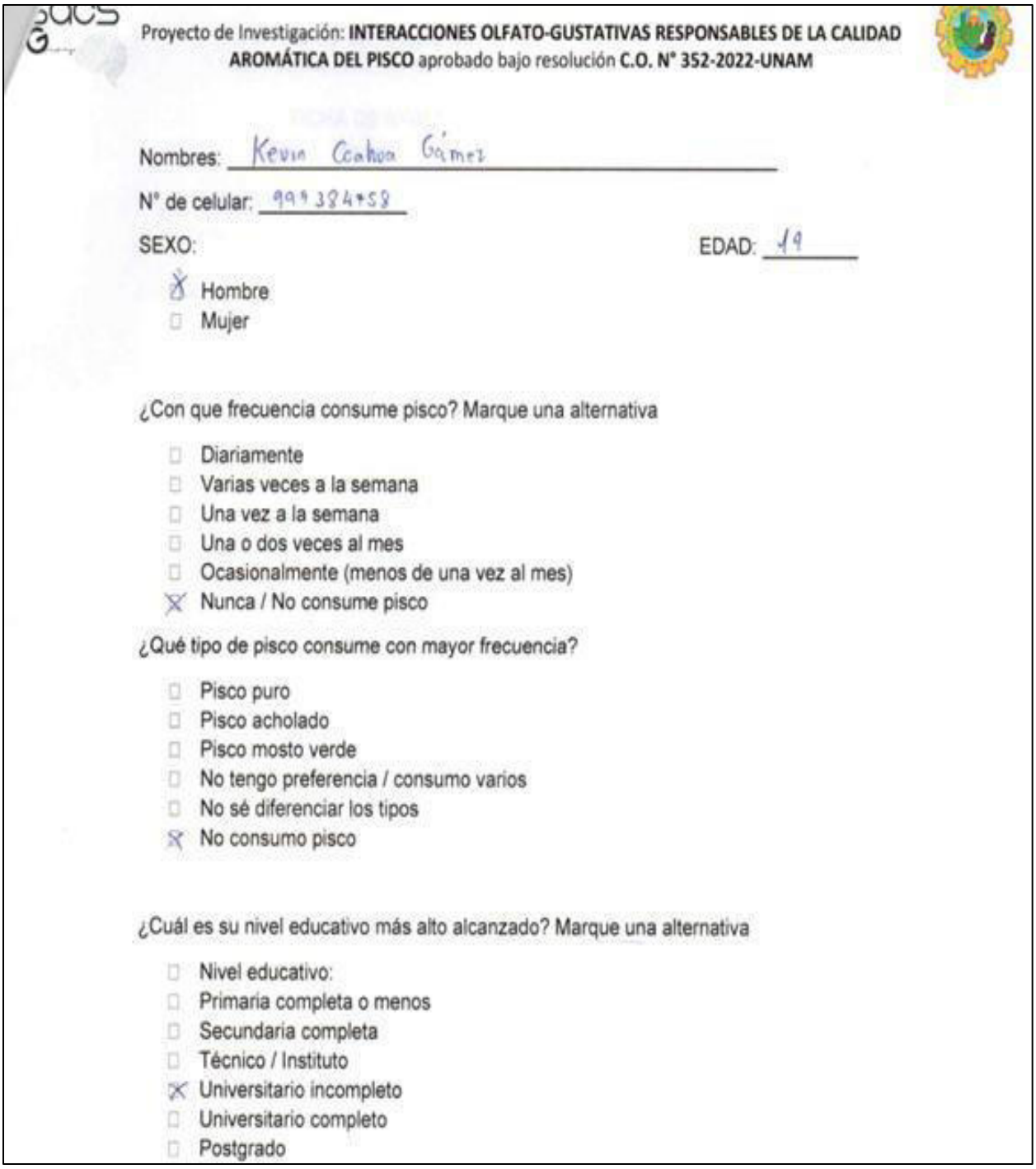
Prueba la muestra de pisco S14 y describa con tus propias palabras lo que percibes, libremente

- Lo probé es fuerte, no se lo sentí algo amargo, la garganta me ardió por un instante, sentí que tenía una concentración de alcohol algo alta pero se sintió agradable

Después, indique cuánto le ha gustado o disgustado el producto en general utilizando la siguiente escala de 9 puntos:



Me disgusta muchísimo — Ni me gusta, ni me disgusta — Me gusta muchísimo



Proyecto de Investigación: **INTERACCIONES OLFATO-GUSTATIVAS RESPONSABLES DE LA CALIDAD AROMÁTICA DEL PISCO** aprobado bajo resolución **C.O. N° 352-2022-UNAM**

Nombres: Kevin Coaloa Gómez

N° de celular: 999384458

SEXO: EDAD: 19

- [x] Hombre
- [ ] Mujer

¿Con que frecuencia consume pisco? Marque una alternativa

- [ ] Diariamente
- [ ] Varias veces a la semana
- [ ] Una vez a la semana
- [ ] Una o dos veces al mes
- [ ] Ocasionalmente (menos de una vez al mes)
- [x] Nunca / No consume pisco

¿Qué tipo de pisco consume con mayor frecuencia?

- [ ] Pisco puro
- [ ] Pisco acholado
- [ ] Pisco mosto verde
- [ ] No tengo preferencia / consumo varios
- [ ] No sé diferenciar los tipos
- [x] No consumo pisco

¿Cuál es su nivel educativo más alto alcanzado? Marque una alternativa

- [ ] Nivel educativo:
- [ ] Primaria completa o menos
- [ ] Secundaria completa
- [ ] Técnico / Instituto
- [x] Universitario incompleto
- [ ] Universitario completo
- [ ] Postgrado

Nota. ficha impresa utilizada para el registro de las respuestas de los consumidores durante las etapas de descripción sensorial (Free Comment) y evaluación de la aceptación mediante escala hedónica de nueve puntos. Elaboración propia.Elaboración propia.

Anexo 3. *Preparación de las muestras de pisco para el análisis sensorial*





Nota. Proceso de preparación de los cinco tratamientos mediante mezcla volumétrica de pisco aromático (PA) y pisco no aromático (PNA) en las proporciones establecidas (T1 a T5), previo a su servido en las sesiones de evaluación sensorial. Elaboración propi

Anexo 4. *Servido y codificación de las muestras durante la sesión sensorial*





Nota. Servido de las muestras de pisco en copas tipo tulipán ISO, en alícuotas de 5 mL, codificadas con tres dígitos aleatorios para garantizar la evaluación ciega por parte de los participantes. Elaboración propia.

Anexo 5. *Análisis sensorial de las muestras de Pisco*



Nota. Participantes durante la evaluación sensorial de las muestras de pisco en las cabinas del Laboratorio de Análisis Sensorial de la UNAM, en el marco del protocolo de Free Comment y prueba de aceptación. Elaboración propia.

Anexo 6. *Comité de ética e integridad científica para el desarrollo de tesis*



Nº 121156

"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

03 de junio de 2026.
CARTA Nº D0006-2026-CEPI

Señor:

Dr. JHONY MAYTA HANCCO
Vicerrector de Investigación

Presente. -

Asunto : **APROBACIÓN DE PROYECTO DE TESIS "COMPOSICIÓN VOLÁTIL Y PERFIL SENSORIAL DE PISCOS PUROS Y ACHOLADOS"**

Referencia : Carta N° D0060-2026-UNAM-VRI

De mi consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con relación al documento de la referencia, por medio del cual debo manifestar que; en cumplimiento a la resolución de comisión organizadora N° 229 2024-UNAM/CO (...); Art. 21 inciso (b).

Que, se ha procedido a evaluar los aspectos éticos del Proyecto de tesis: **"COMPOSICIÓN VOLÁTIL Y PERFIL SENSORIAL DE PISCOS PUROS Y ACHOLADOS"**, aprobado mediante Resolución de Consejo de Facultad N° 214-2024-FACIA-UNAM, de fecha 30 de octubre del 2024, presentado por el Tesista Bachiller; **JOSE CARLOS VELASQUEZ NINA**, cuyo asesor principal es el Dr. Erick Manuel Saldaña Villa y Coasesor el Dr. Cesar Napa Almeyda.

Que, el proyecto cumple satisfactoriamente los aspectos éticos y de integridad científica, por tanto, se APRUEBA el proyecto desde la perspectiva ética para su ejecución.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para renovarle los sentimientos de nuestra mayor consideración y estima.

Atentamente,

Firmado digitalmente por CORDOVA COAYLA Ynes Ydalia FAU 20449347448 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 03.06.2026 19:59:10 -05:00

DOCUMENTO FIRMADO DIGITALMENTE
YNES YDALIA CORDOVA COAYLA
PRESIDENTA DEL COMITÉ DE ETICA E INTEGRIDAD CIENTIFICA

Calle Ancash S/N Moquegua
Central 053-670168
www.unam.edu.pe

Nota. Carta N.° D0006-2026-CEPI, emitida por el Comité de Ética e Integridad Científica (CEPI) de la UNAM, mediante la cual se aprueban los aspectos éticos del proyecto de tesis "Composición volátil y perfil sensorial de piscos puros y acholados", siendo firmado digitalmente por la Dra. Ynes Ydalia Cordova Coayla, presidenta del CEPI.

Anexo 7. *Pruebas de normalidad y homocedasticidad de los compuestos volátiles*

Variables dependientes	Normalidad (Shapiro-Wilk test)	Homocedasticidad (Levene test)	Cumple p > 0,05
Etanol	p > 0,0979	p > 0,8357	Sí
Ácido acético	p = 0,0001	p > 0,3772	**No**
Acetato de etilo	p = 0,0004	p > 0,1690	**No**
2-Metil-1-propanol	p > 0,4344	p > 0,4927	Sí
1,1-Dietoxietano	p > 0,2381	p > 0,5821	Sí
3-Metil-1-butanol (isoamílico)	p > 0,4692	p > 0,5204	Sí
2-Metil-1-butanol (isoamílico)	p > 0,1587	p > 0,5923	Sí
Acetato de isoamilo	p > 0,2940	p > 0,6935	Sí
2-Metil-3-furanotiol/1-Hexanol	p > 0,2004	p > 0,4853	Sí
Acetato de 2-metil-1-butilo	p > 0,3770	p > 0,2923	Sí
Ácido 2-/3-metilbutírico	p > 0,2018	p > 0,4964	Sí
Óxido Bois de Rose/1-Octen-3-ona	p > 0,4384	p > 0,5371	Sí
2,6-Dimetil-2,4,6-octatrieno	p > 0,1450	p > 0,6460	Sí
Hexanoato de etilo	p = 0,0105	p > 0,4539	**No**
Octanal	p = 0,0286	p > 0,5546	**No**
Limoneno	p > 0,1695	p > 0,5197	Sí
3,5-Dimetil-2-metoxipirazina	p > 0,4481	p > 0,4688	Sí
Fenilacetaldehído	p > 0,0878	p > 0,5370	Sí
Furaneol	p > 0,1005	p > 0,6170	Sí
Linalol	p = 0,0187	p > 0,1389	**No**
Alcohol β-feniletílico	p = 0,0334	p > 0,1600	**No**
Sotolón	p > 0,6014	p > 0,4093	Sí
β-Feniletanol	p > 0,0806	p > 0,4786	Sí
Acetato de bencilo	p = 0,0137	p > 0,3753	**No**
Decanal	p = 0,0120	p > 0,4099	**No**
3-Etilfenol	p = 0,0443	p > 0,5370	**No**
1-Nonanol	p > 0,0993	p > 0,6062	Sí
Octanoato de etilo	p = 0,0021	p > 0,5921	**No**
3-Metil-1-butanol	p = 0,0068	p > 0,5058	**No**
β-Citronelol	p > 0,5983	p > 0,4677	Sí
Butanoato de trans-β-terpinilo	p = 0,0385	p > 0,6539	**No**
Geraniol	p = 0,0008	p > 0,1053	**No**
4-Etilguayacol	p > 0,1543	p > 0,5810	Sí
Vitispirano	p = 0,0272	p > 0,6031	**No**
Acetato de citronelilo	p > 0,5890	p > 0,6093	Sí
(E)-2-Undecenal	p > 0,0667	p > 0,5540	Sí
β-Damascenona	p = 0,0116	p > 0,4438	**No**
Octanoato de isoamilo	p > 0,5608	p > 0,3750	Sí
Germacreno-B	p = 0,0001	p > 0,1384	**No**
Dodecanoato de etilo	p = 0,0408	p > 0,3093	**No**
Acetato de laurilo	p > 0,9994	p > 0,7146	Sí

Decanoato de 2-metilbutilo	p > 0,9282	p > 0,5770	Sí
Tetradecanoato de etilo	p > 0,1008	p > 0,3013	Sí
Dodecanoato de 3-metilbutilo	p = 0,0074	p > 0,3873	**No**
Hexadecanoato de etilo	p > 0,3645	p > 0,8843	Sí

Nota. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los residuales del ANOVA de un factor (n = 15 por compuesto: cinco tratamientos × tres réplicas). Prueba de homocedasticidad de Levene centrada en la mediana entre los cinco tratamientos. Se consideró que la variable cumple los supuestos paramétricos cuando ambas pruebas presentaron un valor de p superior a 0,05. La homogeneidad de varianzas se cumplió en la totalidad de los compuestos analizados. En los compuestos donde la normalidad no se cumplió de forma estricta, el ANOVA se mantuvo como prueba principal por tratarse de un diseño balanceado, condición bajo la cual el estadístico F es robusto frente a desviaciones moderadas de la normalidad (Montgomery, 2017). Elaboración propia.

***Anexo* 8.** *Pruebas de normalidad y homocedasticidad de la aceptación sensorial*

Variables dependientes	**Normalidad (Shapiro-Wilk test)**	**Homocedasticidad (Levene test)**	**Cumple p > 0,05**
Aceptación sensorial (escala hedónica 9 puntos)	p > 0,0620	p > 0,5850	Sí

Nota. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los residuales del modelo de bloques completos al azar (tratamiento + bloque de panelista; n = 530 observaciones: 106 consumidores × cinco tratamientos). Prueba de homocedasticidad de Levene centrada en la mediana entre los cinco tratamientos. Ambos supuestos se cumplieron (p > 0,05), por lo que se procedió con el análisis de varianza paramétrico. Elaboración propia.

Anexo 9. *Identificación de los compuestos volátiles del pisco mediante HS-SPME-GC-MS*

N°	Nombre común	Nombre IUPAC	CAS	Fórmula	M (g/mol)	Pico base (m/z)	IR exp.	IR lit.
1	Etanol	Ethanol	64-17-5	C2H6O	46	45	fuera de rango	—
2	Ácido acético	Acetic acid	64-19-7	C2H8N2	60	45	fuera de rango	—
3	Acetato de etilo	Ethyl acetate	141-78-6	C4H8O2	88	43	fuera de rango	—
4	2-Metil-1-propanol (Isobutanol)	2-Methyl-1-propanol	78-83-1	C4H10O	74	43	fuera de rango	—
5	1,1-Dietoxietano (Acetal)	1,1-Diethoxyethane	105-57-7	—	—	—	fuera de rango	—
6	3-Metil-1-butanol (Alcohol isoamílico)	3-Methyl-1-butanol	123-51-3	C5H12O	88	55	fuera de rango	—
7	2-Metil-1-butanol (Alcohol isoamílico)	2-Methyl-1-butanol	137-32-6	C5H12O	88	57	fuera de rango	—
8	Acetato de isoamilo	3-Methylbutyl acetate	123-92-2	C8H18O2	146	40	862.75	860
9	2-Metil-3-furanotiol	2-Methyl-3-furanthiol	28588-74-1	C8H10	106	91	871.07	872
10	1-Hexanol	Hexan-1-ol	111-27-3	C8H10	106	—	878.58	880
11	Acetato de 2-metil-1-butilo	2-Methylbutyl acetate	624-41-9	C7H14O2	130	43	893.92	898
12	Ácido 2-metilbutírico	2-Methylbutanoic acid	116-53-0	—	—	—	974.47	975
13	Ácido 3-metilbutírico	3-Methylbutanoic acid	503-74-2	C8H10	106	—	993.88	993
14	Óxido de Bois de Rose	(±)-cis-Rose oxide	16409-43-1	C10 H18 O	154	71	998.47	999
15	1-Octen-3-ona	Oct-1-en-3-one	4312-99-6	C10H18O	154	—	1009.05	1009
16	2,6-Dimetil-2,4,6-octatrieno	2,6-Dimethylocta-2,4,6-triene	5595-59-9	C10H16O	152	67	1032.66	1031
17	Hexanoato de etilo	Ethyl hexanoate	123-66-0	C8H16O2	144	88	1039.47	1040
18	Octanal	Octanal	124-13-0	C10 H16 O	152	67	1050.26	1045
19	Limoneno	1-Methyl-4-(1-methylethenyl)cyclohexene	138-86-3	C10H16	136	68	1092.64	1096
20	3,5-Dimetil-2-metoxipirazina	3,5-Dimethyl-2-methoxypyrazine	59180-14-0	C10H16	136	93	1100.21	1099
21	Fenilacetaldehído	2-Phenylethanal	122-78-1	C10H16	136	93	1105.41	1103
22	Furaneol	4-Hydroxy-2,5-dimethylfuran-3(2H)-one	3658-77-3	C10H16	136	93	1124.84	1124
23	Linalol	3,7-Dimethylocta-1,6-dien-3-ol	78-70-6	C10H18O	154	93	1134.65	1131
24	β-Feniletanol	2-Phenylethanol	60-12-8	C10H14	134	91	1151.28	1154
25	Acetato de bencilo	Phenylmethyl acetate	140-11-4	C10H30O5Si5	370	73	1158.38	1157
26	Decanal	Decanal	112-31-2	C10H16O	152	68	1173.16	1170
27	3-Etilfenol	3-Ethylphenol	620-17-7	C11H18O2	182	71	1177.08	1176
28	1-Nonanol	Nonan-1-ol	143-08-8	—	—	—	1195.78	1197
29	Octanoato de etilo	Ethyl octanoate	106-32-1	C10H20O2	172	88	1224.98	1217
30	3-Metil-1-butanol	3-Methylbutan-1-ol	123-51-3	C13H18	174	159	1235.74	1231

31	β-Citronelol	3,7-Dimethyloct-6-en-1-ol	106-22-9	C10H20O	156	40	1252.67	1242
32	Carvona	2-Methyl-5-(1-methylethenyl)-2-cyclohexen-1-one	99-49-0	C10H14O	150	82	1263.51	1266
33	Butanoato de trans-β-terpinilo	Isomer of β-Terpinyl butanoate	68133-95-7	C10H18O	154	59	1269.64	1267
34	Geraniol	3,7-Dimethylocta-2,6-dien-1-ol	106-24-1	C10H16	136	93	1287.43	1288
35	4-Etilguayacol	2-Methoxy-4-ethylphenol	2785-89-9	C10H18O	154	69	1292.31	1292-1315
36	Vitispirano	1-(2,2,6-Trimethylcyclohexyl)but-1-en-3-one	65419-23-2	C13H20O	192	93	1347.99	1350
37	Acetato de citronelilo	3,7-Dimethyloct-6-en-1-yl acetate	150-84-5	C12H24O2	200	57	1353.81	1352.4
38	(E)-2-Undecenal	(E)-Undec-2-enal	6728-26-3	C13H16	172	157	1368.27	1366
39	β-Damascenona	(E)-1-(2,6,6-Trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)but-2-en-	23726-93-4	C12H24O2	200	88	1395.25	1392
40	Octanoato de isoamilo	3-Methylbutyl octanoate	2035-99-6	C13H26O2	214	70	1446.50	1448
41	Germacreno-B	1,5,9-Trimethyl-1,4,7-cycloundecatriene	55290-63-6	C14H28O2	228	56	1545.76	1549
42	Dodecanoato de etilo	Ethyl dodecanoate	106-33-2	C14H28O2	228	88	1593.54	1591
43	Acetato de laurilo	Dodecyl acetate	112-66-3	C12H14O4	222	149	1603.77	1610
44	Decanoato de 2-metilbutilo	2-Methylbutyl decanoate	2445-76-3	C15H30O2	242	70	1644.91	1644
45	Tetradecanoato de etilo	Ethyl tetradecanoate	124-06-1	C16H32O2	256	88	1792.23	1793
46	Dodecanoato de 3-metilbutilo	3-Methylbutyl dodecanoate	58927-20-9	C17H34O2	270	70	1844.98	1844
47	Hexadecanoato de etilo	Ethyl hexadecanoate	628-97-7	C18H36O2	284	88	1992.44	1993

Nota. Listado de los 47 compuestos volátiles identificados en los piscos analizados, ordenados por índice de retención experimental (IR exp.) en columna polar. Para cada compuesto se reporta el nombre común y el nombre IUPAC, el número CAS, la fórmula molecular, la masa molar (M, g/mol), el pico base de espectrometría de masas (m/z), el índice de retención experimental y el índice de retención reportado en la literatura (IR lit.). Los compuestos marcados como “fuera de rango” eluyen antes del primer n-alcano de la curva de calibración (C8) y no fueron incluidos en el cálculo del índice de retención.

Anexo 10. *Concentraciones individuales por tratamiento y réplica (mg/L)*

#	Compuesto	T1 R1	T1 R2	T1 R3	T2 R1	T2 R2	T2 R3	T3 R1	T3 R2	T3 R3	T4 R1	T4 R2	T4 R3	T5 R1	T5 R2	T5 R3
1	Etanol	1.424	0.377	0.000	0.432	0.000	0.513	0.327	0.000	3.649	0.933	0.445	2.897	2.707	0.372	0.362
2	Ácido acético	0.261	0.188	0.242	0.190	0.189	0.228	0.323	0.338	0.243	0.113	0.277	2.560	0.000	0.000	0.000
3	Acetato de etilo	4.541	4.708	4.538	5.484	5.839	5.506	2.505	5.831	4.967	5.162	5.222	5.374	4.288	4.406	4.304
4	2-Metil-1-propanol	1.456	1.096	1.336	1.682	1.700	2.054	1.695	3.874	3.706	2.191	4.674	3.376	3.196	2.353	2.756
5	1,1-Dietoxietano	0.771	0.828	0.876	1.092	1.165	1.108	0.571	0.967	0.922	1.006	1.006	1.070	0.708	0.935	0.837
6	3-Metil-1-butanol (isoamílico)	8.811	7.019	8.276	11.823	11.995	14.627	7.770	21.165	24.040	14.726	25.433	19.822	23.489	18.272	17.227
7	2-Metil-1-butanol (isoamílico)	2.725	2.145	2.572	3.784	3.864	4.711	2.868	7.313	7.884	5.237	9.329	7.727	7.623	3.833	6.198
8	Acetato de isoamilo	0.091	0.092	0.096	0.138	0.158	0.119	0.070	0.132	0.137	0.190	0.170	0.164	0.188	0.173	0.158
9	2-Metil-3-furanotiol/1-Hexanol	0.477	0.418	0.515	0.523	0.510	0.600	0.132	0.231	0.719	0.274	0.531	0.399	0.324	0.169	0.249
10	Acetato de 2-metil-1-butilo	0.428	0.404	0.467	0.881	1.094	0.684	0.328	1.055	0.806	0.916	0.946	0.678	0.869	0.873	0.811
11	Ácido 2-/3-metilbutírico	0.270	0.239	0.281	0.297	0.304	0.270	0.083	0.172	0.188	0.160	0.139	0.137	0.000	0.000	0.000
12	Óxido Bois de Rose/1-Octen-3-ona	0.392	0.357	0.415	0.457	0.525	0.461	0.185	0.334	0.305	0.264	0.268	0.250	0.144	0.134	0.122
13	2,6-Dimetil-2,4,6-octatrieno	0.715	0.615	0.783	0.781	0.818	0.696	0.184	0.415	0.413	0.296	0.261	0.247	0.000	0.000	0.000
14	Hexanoato de etilo	2.723	2.527	2.907	3.780	4.255	4.022	1.528	3.710	3.451	3.782	3.993	3.833	3.520	3.440	3.194
15	Octanal	0.359	0.330	0.396	0.399	0.443	0.424	0.137	0.246	0.247	0.136	0.135	0.134	0.000	0.000	0.000
16	Limoneno	0.717	0.571	0.813	0.854	0.819	0.640	0.221	0.346	0.440	0.400	0.344	0.287	0.000	0.000	0.000
17	3,5-Dimetil-2-metoxipirazina	0.294	0.226	0.325	0.306	0.291	0.230	0.072	0.100	0.128	0.084	0.080	0.055	0.000	0.000	0.000
18	Fenilacetaldehído	0.658	0.523	0.703	0.717	0.671	0.534	0.157	0.258	0.315	0.222	0.192	0.145	0.000	0.000	0.000
19	Furaneol	0.876	0.719	0.956	0.975	0.960	0.782	0.240	0.418	0.491	0.340	0.319	0.228	0.000	0.000	0.000
20	Linalol	2.661	2.790	3.096	3.087	3.512	3.511	1.273	2.326	3.146	1.065	1.373	1.207	0.000	0.000	0.000
21	Alcohol β-feniletílico	0.676	0.791	0.867	0.788	0.893	0.900	0.244	0.573	0.773	0.217	0.281	0.254	0.000	0.000	0.000
22	Sotolón	0.141	0.132	0.145	0.284	0.338	0.328	0.042	0.293	0.215	0.347	0.203	0.280	0.283	0.412	0.387
23	β-Feniletanol	0.236	0.000	0.211	0.169	0.187	0.142	0.046	0.191	0.081	0.269	0.286	0.301	0.000	0.000	0.000
24	Acetato de bencilo	0.140	0.135	0.161	0.172	0.263	0.193	0.093	0.282	0.313	0.000	0.000	0.000	0.271	0.260	0.269
25	Decanal	0.582	0.535	0.618	0.684	0.694	0.752	0.196	0.482	0.524	0.232	0.259	0.223	0.000	0.000	0.000
26	3-Etilfenol	5.413	4.847	5.845	6.847	7.102	6.700	2.461	4.596	4.455	2.996	3.215	2.863	0.644	0.585	0.559
27	1-Nonanol	0.468	0.401	0.500	0.529	0.573	0.545	0.190	0.324	0.327	0.188	0.208	0.180	0.000	0.000	0.000
28	Octanoato de etilo	18.530	17.763	19.477	26.288	27.618	27.871	11.795	26.649	26.693	24.776	27.652	25.165	24.465	22.721	22.710
29	3-Metil-1-butanol	0.413	0.000	0.439	0.477	0.476	0.414	0.180	0.264	0.289	0.190	0.228	0.163	0.000	0.000	0.000
30	β-Citronelol	0.179	0.057	0.168	0.118	0.182	0.166	0.046	0.130	0.218	0.070	0.028	0.028	0.000	0.000	0.000
31	Butanoato de trans-β-terpinilo	3.324	2.948	3.383	3.616	3.931	3.037	1.127	3.102	3.102	1.502	1.656	1.447	0.955	0.710	0.770
32	Geraniol	0.064	0.063	0.065	0.202	0.223	0.193	0.092	0.038	0.198	0.084	0.094	0.076	0.000	0.000	0.000
33	4-Etilguayacol	2.449	2.130	2.436	2.465	2.819	2.838	1.141	2.137	2.288	0.935	1.211	0.941	0.256	0.191	0.206
34	Vitispirano	2.925	2.551	2.954	3.769	4.310	4.115	2.048	4.300	4.447	3.885	4.366	3.745	3.998	3.649	3.664
35	Acetato de citronelilo	0.089	0.069	0.087	0.098	0.116	0.120	0.062	0.107	0.119	0.062	0.092	0.061	0.000	0.000	0.000

36	(E)-2-Undecenal	0.663	0.540	0.657	0.896	0.993	0.929	0.489	0.960	1.011	0.843	0.972	0.794	0.156	0.118	0.124
37	β-Damascenona	39.836	35.586	39.558	49.327	55.654	55.383	21.467	53.711	58.080	40.721	49.589	40.862	0.141	0.130	0.135
38	Octanoato de isoamilo	1.309	1.173	1.243	1.839	2.274	1.826	0.933	1.787	2.166	1.425	1.968	1.166	0.912	0.821	0.814
39	Germacreno-B	0.442	0.284	0.408	0.462	0.639	0.582	0.282	0.540	0.678	0.273	0.422	0.261	43.502	37.278	38.931
40	Dodecanoato de etilo	24.530	20.365	24.591	31.543	38.501	35.947	15.269	34.475	40.478	26.471	31.136	25.914	1.817	1.393	1.473
41	Acetato de laurilo	0.388	0.311	0.367	0.518	0.553	0.237	0.134	0.478	0.183	0.449	0.487	0.390	0.340	0.230	0.246
42	Decanoato de 2-metilbutilo	3.600	2.491	3.467	4.624	5.789	5.287	2.437	5.546	7.010	3.895	5.202	3.743	27.958	23.322	24.093
43	Tetradecanoato de etilo	4.286	3.247	4.412	5.813	6.489	5.722	3.251	5.850	6.957	4.675	5.415	4.447	0.423	0.393	0.371
44	Dodecanoato de 3-metilbutilo	0.239	0.000	0.231	0.306	0.329	0.274	0.140	0.288	0.371	0.213	0.266	0.199	4.937	3.817	3.982
45	Hexadecanoato de etilo	3.231	2.204	2.726	4.754	5.045	5.282	1.832	3.212	3.144	2.535	2.980	2.395	4.669	3.988	4.198

Nota. Concentraciones individuales (mg/L) de los 45 compuestos volátiles cuantificados en las 15 réplicas analizadas. Notación T·R: T = tratamiento (T1-T5), R = réplica (R1-R3). Los valores corresponden a la integración de las áreas de pico normalizadas respecto al estándar interno, expresados como equivalentes en mg/L con factor de respuesta unitario. Los valores de cero indican compuestos no detectados o por debajo del límite de cuantificación.

Anexo 11. *Estadística descriptiva de los compuestos volátiles por tratamiento*

#	Compuesto	T1 (μ ± σ)	CV T1	T2 (μ ± σ)	CV T2	T3 (μ ± σ)	CV T3	T4 (μ ± σ)	CV T4	T5 (μ ± σ)	CV T5
1	Etanol	0.600 ± 0.738	**122.9%**	0.315 ± 0.276	**87.6%**	1.325 ± 2.019	**152.4%**	1.425 ± 1.298	**91.1%**	1.147 ± 1.351	**117.8%**
2	Ácido acético	0.230 ± 0.038	16.4%	0.203 ± 0.022	11.0%	0.301 ± 0.051	17.1%	0.983 ± 1.368	**139.1%**	0.000 ± 0.000	0.0%
3	Acetato de etilo	4.596 ± 0.097	2.1%	5.610 ± 0.199	3.5%	4.434 ± 1.726	**38.9%**	5.253 ± 0.109	2.1%	4.333 ± 0.064	1.5%
4	2-Metil-1-propanol	1.296 ± 0.183	14.1%	1.812 ± 0.210	11.6%	3.092 ± 1.213	**39.2%**	3.414 ± 1.242	**36.4%**	2.768 ± 0.422	15.2%
5	1,1-Dietoxietano	0.825 ± 0.053	6.4%	1.122 ± 0.039	3.4%	0.820 ± 0.216	26.4%	1.028 ± 0.037	3.6%	0.826 ± 0.114	13.8%
6	3-Metil-1-butanol (isoamílico)	8.035 ± 0.920	11.5%	12.815 ± 1.572	12.3%	17.658 ± 8.684	**49.2%**	19.993 ± 5.356	26.8%	19.663 ± 3.354	17.1%
7	2-Metil-1-butanol (isoamílico)	2.481 ± 0.301	12.1%	4.120 ± 0.514	12.5%	6.022 ± 2.746	**45.6%**	7.431 ± 2.062	27.8%	5.885 ± 1.914	**32.5%**
8	Acetato de isoamilo	0.093 ± 0.003	3.2%	0.139 ± 0.020	14.2%	0.113 ± 0.037	**32.9%**	0.175 ± 0.014	7.8%	0.173 ± 0.015	8.8%
9	2-Metil-3-furanotiol/1-Hexanol	0.470 ± 0.049	10.5%	0.545 ± 0.049	8.9%	0.361 ± 0.314	**87.1%**	0.401 ± 0.129	**32.1%**	0.247 ± 0.077	**31.3%**
10	Acetato de 2-metil-1-butilo	0.433 ± 0.032	7.3%	0.886 ± 0.205	23.2%	0.729 ± 0.370	**50.7%**	0.846 ± 0.147	17.3%	0.851 ± 0.034	4.0%
11	Ácido 2-/3-metilbutírico	0.264 ± 0.022	8.2%	0.291 ± 0.018	6.2%	0.148 ± 0.057	**38.3%**	0.145 ± 0.013	8.7%	0.000 ± 0.000	0.0%
12	Óxido Bois de Rose/1-Octen-3-ona	0.388 ± 0.029	7.5%	0.481 ± 0.038	7.9%	0.275 ± 0.079	28.7%	0.261 ± 0.009	3.6%	0.133 ± 0.011	8.5%
13	2,6-Dimetil-2,4,6-octatrieno	0.704 ± 0.084	12.0%	0.765 ± 0.062	8.2%	0.337 ± 0.133	**39.5%**	0.268 ± 0.026	9.6%	0.000 ± 0.000	0.0%
14	Hexanoato de etilo	2.719 ± 0.190	7.0%	4.019 ± 0.237	5.9%	2.896 ± 1.192	**41.2%**	3.869 ± 0.110	2.8%	3.385 ± 0.170	5.0%

15	Octanal	0.362 ± 0.033	9.1%	0.422 ± 0.022	5.3%	0.210 ± 0.063	**30.2%**	0.135 ± 0.001	0.9%	0.000 ± 0.000	0.0%
16	Limoneno	0.701 ± 0.122	17.3%	0.771 ± 0.115	14.9%	0.335 ± 0.110	**32.7%**	0.344 ± 0.056	16.4%	0.000 ± 0.000	0.0%
17	3,5-Dimetil-2-metoxipirazina	0.282 ± 0.050	17.9%	0.276 ± 0.040	14.5%	0.100 ± 0.028	28.1%	0.073 ± 0.016	22.0%	0.000 ± 0.000	0.0%
18	Fenilacetaldehído	0.628 ± 0.094	14.9%	0.641 ± 0.095	14.8%	0.243 ± 0.080	**32.8%**	0.186 ± 0.039	20.8%	0.000 ± 0.000	0.0%
19	Furaneol	0.850 ± 0.121	14.2%	0.906 ± 0.107	11.8%	0.383 ± 0.129	**33.8%**	0.295 ± 0.059	20.1%	0.000 ± 0.000	0.0%
20	Linalol	2.849 ± 0.223	7.8%	3.370 ± 0.245	7.3%	2.248 ± 0.939	**41.8%**	1.215 ± 0.154	12.7%	0.000 ± 0.000	0.0%
21	Alcohol β-feniletílico	0.778 ± 0.096	12.4%	0.860 ± 0.063	7.3%	0.530 ± 0.267	**50.4%**	0.251 ± 0.032	12.9%	0.000 ± 0.000	0.0%
22	Sotolón	0.139 ± 0.007	5.0%	0.317 ± 0.029	9.0%	0.183 ± 0.128	**70.2%**	0.277 ± 0.072	26.1%	0.361 ± 0.069	19.0%
23	β-Feniletanol	0.149 ± 0.130	**87.0%**	0.166 ± 0.022	13.5%	0.106 ± 0.075	**71.0%**	0.285 ± 0.016	5.7%	0.000 ± 0.000	0.0%
24	Acetato de bencilo	0.145 ± 0.014	9.6%	0.209 ± 0.047	22.6%	0.229 ± 0.119	**52.1%**	0.000 ± 0.000	0.0%	0.267 ± 0.006	2.3%
25	Decanal	0.578 ± 0.041	7.2%	0.710 ± 0.037	5.1%	0.401 ± 0.178	**44.5%**	0.238 ± 0.019	7.8%	0.000 ± 0.000	0.0%
26	3-Etilfenol	5.369 ± 0.500	9.3%	6.883 ± 0.204	3.0%	3.837 ± 1.194	**31.1%**	3.025 ± 0.178	5.9%	0.596 ± 0.043	7.3%
27	1-Nonanol	0.456 ± 0.050	11.0%	0.549 ± 0.023	4.1%	0.280 ± 0.079	28.0%	0.192 ± 0.014	7.4%	0.000 ± 0.000	0.0%
28	Octanoato de etilo	18.590 ± 0.859	4.6%	27.259 ± 0.850	3.1%	21.712 ± 8.589	**39.6%**	25.864 ± 1.561	6.0%	23.299 ± 1.010	4.3%
29	3-Metil-1-butanol	0.284 ± 0.246	**86.7%**	0.456 ± 0.036	8.0%	0.244 ± 0.057	23.3%	0.193 ± 0.033	17.1%	0.000 ± 0.000	0.0%
30	β-Citronelol	0.135 ± 0.067	**50.1%**	0.156 ± 0.034	21.6%	0.131 ± 0.086	**65.7%**	0.042 ± 0.024	**57.7%**	0.000 ± 0.000	0.0%
31	Butanoato de trans-β-terpinilo	3.218 ± 0.236	7.3%	3.528 ± 0.454	12.9%	2.444 ± 1.141	**46.7%**	1.535 ± 0.109	7.1%	0.812 ± 0.127	15.7%
32	Geraniol	0.064 ± 0.001	1.7%	0.206 ± 0.015	7.4%	0.109 ± 0.081	**74.5%**	0.084 ± 0.009	10.8%	0.000 ± 0.000	0.0%
33	4-Etilguayacol	2.338 ± 0.181	7.7%	2.707 ± 0.210	7.7%	1.855 ± 0.623	**33.6%**	1.029 ± 0.158	15.3%	0.218 ± 0.034	15.7%
34	Vitispirano	2.810 ± 0.225	8.0%	4.065 ± 0.274	6.7%	3.599 ± 1.345	**37.4%**	3.999 ± 0.326	8.1%	3.770 ± 0.197	5.2%
35	Acetato de citronelilo	0.258 ± 0.194	**75.1%**	0.278 ± 0.187	**67.1%**	0.190 ± 0.130	**68.5%**	0.086 ± 0.023	27.1%	0.000 ± 0.000	0.0%
36	(E)-2-Undecenal	0.620 ± 0.069	11.2%	0.939 ± 0.049	5.3%	0.820 ± 0.288	**35.1%**	0.869 ± 0.092	10.6%	0.133 ± 0.020	15.3%
37	β-Damascenona	38.327 ± 2.378	6.2%	53.455 ± 3.577	6.7%	44.419 ± 19.997	**45.0%**	43.724 ± 5.080	11.6%	0.135 ± 0.005	4.1%
38	Octanoato de isoamilo	1.242 ± 0.068	5.5%	1.980 ± 0.255	12.9%	1.629 ± 0.631	**38.8%**	1.520 ± 0.409	26.9%	0.849 ± 0.054	6.4%
39	Germacreno-B	0.378 ± 0.083	22.0%	0.561 ± 0.091	16.1%	0.500 ± 0.201	**40.2%**	0.319 ± 0.090	28.2%	39.904 ± 3.224	8.1%
40	Dodecanoato de etilo	23.162 ± 2.422	10.5%	35.330 ± 3.520	10.0%	30.074 ± 13.168	**43.8%**	27.840 ± 2.868	10.3%	1.561 ± 0.225	14.4%
41	Acetato de laurilo	0.355 ± 0.040	11.2%	0.436 ± 0.173	**39.8%**	0.265 ± 0.186	**70.3%**	0.442 ± 0.049	11.1%	0.272 ± 0.060	21.9%
42	Decanoato de 2-metilbutilo	3.186 ± 0.605	19.0%	5.234 ± 0.584	11.2%	4.998 ± 2.335	**46.7%**	4.280 ± 0.802	18.7%	25.124 ± 2.484	9.9%
43	Tetradecanoato de etilo	3.981 ± 0.639	16.1%	6.008 ± 0.419	7.0%	5.353 ± 1.902	**35.5%**	4.846 ± 0.506	10.4%	0.396 ± 0.026	6.6%
44	Dodecanoato de 3-metilbutilo	0.157 ± 0.136	**86.6%**	0.303 ± 0.027	9.1%	0.266 ± 0.117	**44.0%**	0.226 ± 0.035	15.6%	4.245 ± 0.605	14.2%
45	Hexadecanoato de etilo	2.720 ± 0.514	18.9%	5.027 ± 0.265	5.3%	2.729 ± 0.778	28.5%	2.637 ± 0.305	11.6%	4.285 ± 0.349	8.1%

Nota. Estadística descriptiva por tratamiento (n = 3 réplicas por celda). μ = media aritmética en mg/L; σ = desviación estándar muestral (n-1); CV% = coeficiente de variación, calculados a partir de las tres réplicas analíticas por tratamiento (n = 3). Los valores se expresan en mg/L. Se resaltan en negrita los coeficientes de variación superiores al 30%, considerados indicadores de alta variabilidad intra-tratamiento.

Anexo 12. *Análisis de varianza (ANOVA) por compuesto volátil*

N°	Compuesto	SC trat.	gl trat.	CM trat.	SC error	gl error	CM error	F	p	CV%	Sig.
1	Etanol	0.5388	4	0.1347	3.0246	10	0.3025	0.445	0.7736	101.58%	ns
2	Ácido acético	0.4577	4	0.1144	0.8128	10	0.0813	1.408	0.3002	119.32%	ns
3	Acetato de etilo	0.1252	4	0.0313	0.2522	10	0.0252	1.240	0.3546	9.05%	ns
4	2-Metil-1-propanol	0.8329	4	0.2082	0.4362	10	0.0436	4.774	0.0205	17.36%	*
5	1,1-Dietoxietano	0.0648	4	0.0162	0.0413	10	0.0041	3.920	0.0363	9.87%	*
6	3-Metil-1-butanol (isoamílico)	1.4227	4	0.3557	0.8890	10	0.0889	4.001	0.0343	10.89%	*
7	2-Metil-1-butanol (isoamílico)	1.3226	4	0.3307	0.7691	10	0.0769	4.299	0.0280	15.81%	*
8	Acetato de isoamilo	0.0122	4	0.0030	0.0035	10	0.0004	8.677	0.0027	14.50%	**
9	2-Metil-3-furanotiol/1-Hexanol	0.0828	4	0.0207	0.1265	10	0.0127	1.636	0.2403	33.78%	ns
10	Acetato de 2-metil-1-butilo	0.1536	4	0.0384	0.1394	10	0.0139	2.755	0.0883	21.48%	ns
11	Ácido 2-/3-metilbutírico	0.1227	4	0.0307	0.0062	10	0.0006	49.238	< 0,001	16.39%	***
12	Óxido Bois de Rose/1-Octen-3-ona	0.1242	4	0.0310	0.0104	10	0.0010	29.768	< 0,001	12.25%	***
13	2,6-Dimetil-2,4,6-octatrieno	0.6502	4	0.1625	0.0294	10	0.0029	55.287	< 0,001	16.69%	***
14	Hexanoato de etilo	0.2369	4	0.0592	0.2506	10	0.0251	2.363	0.1231	10.83%	ns
15	Octanal	0.2408	4	0.0602	0.0073	10	0.0007	82.064	< 0,001	13.86%	***
16	Limoneno	0.6277	4	0.1569	0.0363	10	0.0036	43.172	< 0,001	17.93%	***
17	3,5-Dimetil-2-metoxipirazina	0.1452	4	0.0363	0.0069	10	0.0007	52.603	< 0,001	20.00%	***
18	Fenilacetaldehído	0.5475	4	0.1369	0.0242	10	0.0024	56.513	< 0,001	18.00%	***
19	Furaneol	0.8588	4	0.2147	0.0378	10	0.0038	56.817	< 0,001	16.73%	***
20	Linalol	4.1936	4	1.0484	0.2077	10	0.0208	50.480	< 0,001	15.13%	***
21	Alcohol β-feniletílico	0.7946	4	0.1986	0.0746	10	0.0075	26.614	< 0,001	23.56%	***
22	Sotolón	0.0667	4	0.0167	0.0374	10	0.0037	4.465	0.0251	27.29%	*
23	β-Feniletanol	0.0990	4	0.0248	0.0374	10	0.0037	6.622	0.0072	47.91%	**
24	Acetato de bencilo	0.1036	4	0.0259	0.0234	10	0.0023	11.082	0.0011	31.61%	**
25	Decanal	0.5350	4	0.1338	0.0379	10	0.0038	35.319	< 0,001	20.01%	***
26	3-Etilfenol	4.5475	4	1.1369	0.1654	10	0.0165	68.739	< 0,001	8.78%	***
27	1-Nonanol	0.3569	4	0.0892	0.0110	10	0.0011	81.460	< 0,001	13.40%	***
28	Octanoato de etilo	0.2809	4	0.0702	0.4122	10	0.0412	1.704	0.2251	6.40%	ns
29	3-Metil-1-butanol	0.2189	4	0.0547	0.0912	10	0.0091	6.001	0.0100	47.44%	**
30	β-Citronelol	0.0468	4	0.0117	0.0217	10	0.0022	5.382	0.0142	54.00%	*
31	Butanoato de trans-β-terpinilo	1.7095	4	0.4274	0.3282	10	0.0328	13.021	< 0,001	16.00%	***
32	Geraniol	0.0554	4	0.0138	0.0110	10	0.0011	12.528	< 0,001	38.43%	***
33	4-Etilguayacol	2.4280	4	0.6070	0.1366	10	0.0137	44.442	< 0,001	13.14%	***
34	Vitispirano	0.1623	4	0.0406	0.2394	10	0.0239	1.695	0.2269	10.15%	ns
35	Acetato de citronelilo	0.2371	4	0.0593	0.2857	25	0.0114	5.187	0.0035	75.55%	**
36	(E)-2-Undecenal	0.5742	4	0.1435	0.0659	10	0.0066	21.788	< 0,001	16.34%	***
37	β-Damascenona	32.5301	4	8.1325	0.6186	10	0.0619	131.475	< 0,001	8.12%	***
38	Octanoato de isoamilo	0.3755	4	0.0939	0.1995	10	0.0200	4.706	0.0214	16.16%	*

39	Germacreno-B	26.9825	4	6.7456	0.0733	10	0.0073	920.852	< 0,001	8.31%	***
40	Dodecanoato de etilo	14.4791	4	3.6198	0.5772	10	0.0577	62.714	< 0,001	8.33%	***
41	Acetato de laurilo	0.0489	4	0.0122	0.0805	10	0.0080	1.520	0.2688	30.02%	ns
42	Decanoato de 2-metilbutilo	6.4106	4	1.6026	0.5146	10	0.0515	31.146	< 0,001	11.46%	***
43	Tetradecanoato de etilo	5.2151	4	1.3038	0.2722	10	0.0272	47.898	< 0,001	11.06%	***
44	Dodecanoato de 3-metilbutilo	5.0202	4	1.2550	0.0751	10	0.0075	167.142	< 0,001	17.37%	***
45	Hexadecanoato de etilo	0.6946	4	0.1737	0.1658	10	0.0166	10.470	0.0013	8.75%	**

Nota. Tabla ANOVA detallada por compuesto. SC = suma de cuadrados; gl = grados de libertad; CM = cuadrado medio (CM = SC/gl); F = estadístico de Fisher (F = CM_tratamientos/CM_error); p = valor de probabilidad asociado a F(4,10); CV% = coeficiente de variación experimental (CV% = √CM_error/μ_global × 100); Sig. = nivel de significancia: ns ≥ 0,05; * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001.

Anexo 13. *Serie homóloga de n-alcanos C8–C30 empleada en la calibración del índice de retención*

nC	Nombre	Fórmula	M (g/mol)	RT exp. (min)	% Sim.	IR teórico	RT pred. (min)	Residuo (min)
C8	Octane	C8H18	114	6.474	97	**800**	9.304	**-2.830**
C9	Nonane	C9H20	128	8.808	97	**900**	10.439	**-1.631**
C10	Decane	C10H22	142	10.834	96	**1000**	11.574	-0.740
C11	Undecane	C11H24	156	12.606	97	**1100**	12.710	-0.104
C12	Dodecane	C12H26	170	14.203	97	**1200**	13.845	+0.358
C13	Tridecane	C13H28	184	15.672	97	**1300**	14.980	+0.692
C14	Tetradecane	C14H30	198	17.041	98	**1400**	16.116	+0.925
C15	Pentadecane	C15H32	212	18.327	97	**1500**	17.251	**+1.076**
C16	Hexadecane	C16H34	226	19.539	97	**1600**	18.386	**+1.153**
C17	Heptadecane	C17H36	240	20.688	95	**1700**	19.522	**+1.166**
C18	Octadecane	C18H38	254	21.778	95	**1800**	20.657	**+1.121**
C19	Nonadecane	C19H40	268	22.814	96	**1900**	21.793	**+1.021**
C20	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	C20H42	282	23.802	94	**2000**	22.928	+0.874
C21	Heneicosane	C21H44	296	24.746	95	**2100**	24.063	+0.683
C22	Docosane	C22H46	310	25.649	96	**2200**	25.199	+0.450
C23	Tricosane	C23H48	324	26.513	93	**2300**	26.334	+0.179

C24	Tetracosane	C24H50	338	27.343	93	**2400**	27.469	-0.126
C25	Pentacosane	C25H52	352	28.142	95	**2500**	28.605	-0.463
C26	Hexacosane	C26H54	366	28.983	95	**2600**	29.740	-0.757
C27	Hexacosane	C26H54	366	29.938	95	**2700**	30.875	-0.937
C28	Octacosane	C28H58	394	31.055	93	**2800**	32.011	-0.956
C29	Celidoniol, deoxy-	C29H60	408	32.382	93	**2900**	33.146	-0.764
C30	Triacontane	C30H62	422	33.892	92	**3000**	34.282	-0.390

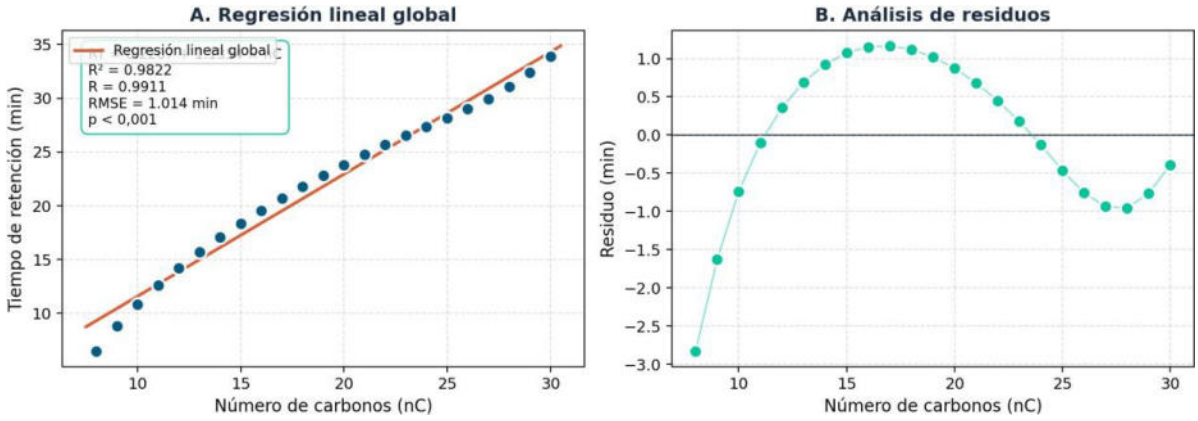
Nota. n-Alcanos calibrantes (n = 23). nC = número de átomos de carbono; M = peso molecular en g/mol; RT exp. = tiempo de retención experimental observado; % Sim. = porcentaje de similaridad con la biblioteca espectral Wiley 8; IR teórico = 100 × nC por convención; RT pred. = RT predicho por la regresión lineal global; Residuo = RT exp. − RT pred. Los residuos en valor absoluto > 1 min se resaltan en color naranja, indicando regiones donde el modelo lineal global subestima o sobrestima el RT, debido a la rampa de temperatura no isotérmica del programa cromatográfico.

Anexo 14. *Modelo de regresión lineal del tiempo de retención frente al número de carbonos (RT vs nC) y métricas de calidad.*

RT = 0.2207 + 1.1354 × nC

Coeficiente de determinación (R^2)	0.982209
Coeficiente de correlación de Pearson (R)	0.991064
Pendiente (b)	1.1354 ± 0.0333 min/carbono
Intercepto (a)	0.2207 min
Error cuadrático medio (RMSE)	1.0136 min
Valor p del modelo	< 0,001
Rango de RT calibrado	6.474 a 33.892 min
Rango de IR calibrado	800 a 3000

Nota. Métricas de calidad del modelo de regresión lineal RT vs nC. Aunque R^2 = 0,98 indica una correlación lineal muy alta, el RMSE de 1,01 min es relativamente elevado debido a que la programación de temperatura no isotérmica (rampa) introduce una no-linealidad sistemática en la relación tiempo-temperatura.



Curva de calibración del sistema GC-MS con la serie homóloga de n-alcanos C8-C30. (A) Relación entre el tiempo de retención experimental y el número de carbonos, con la regresión lineal global ajustada en color naranja. (B) Análisis de residuos: los residuos no son aleatorios, sino que siguen un patrón sistemático (curva en U) que confirma la no-linealidad del programa de temperatura.

Anexo 15. *Descripción de los cinco tratamientos evaluados según proporción de Pisco No Aromático (PNA) y Pisco Aromático (PA).*

Código	Tratamiento	Código de muestra	% PNA	% PA
T1	T1 (100% PA puro)	514	0%	100%
T2	T2 (25% PNA / 75% PA)	562	25%	75%
T3	T3 (50% PNA / 50% PA)	278	50%	50%
T4	T4 (75% PNA / 25% PA)	625	75%	25%
T5	T5 (100% PNA puro)	294	100%	0%

Nota. Proporciones de pisco aromático (PA, variedad Italia) y pisco no aromático (PNA, variedad Negra Criolla) empleadas en la elaboración de los cinco tratamientos experimentales. T1 corresponde al pisco aromático puro; T5 al pisco no aromático puro; T2, T3 y T4 a las mezclas intermedias con proporciones decrecientes de pisco aromático. El código de muestra de tres dígitos fue asignado de manera aleatoria para la presentación ciega al panel de consumidores. Elaboración propia

Anexo 16. *Tabla de contingencia de las frecuencias observadas de cada descriptor gustativo por tratamiento.*

Tratamiento	amargo	fuerte	suave	alcohol	ácido	picor	dulce	poco_picor	afrutado	astringencia	ligero	amaderado	poco_amargo	manzana	seco	intenso
T1	16	17	22	14	9	17	9	3	0	6	5	8	2	2	3	2
T2	20	19	17	17	13	14	9	11	1	3	4	5	3	3	2	1
T3	16	11	0	0	15	0	10	6	9	4	5	5	0	2	4	4
T4	13	17	15	17	9	15	11	9	10	4	8	2	6	2	2	2
T5	21	21	17	16	13	12	15	4	5	7	2	1	1	3	1	3

Tratamiento	poco_fuerte	poco_dulce	uva	frutos_secos	demasiado_fuerte	insípido	poco_astringente	poco_acido	pasas	muy_fuerte	floral	herbaceo	higo	ceniza	quemante	menta	muy_amargo
T1	1	3	0	2	1	0	0	2	1	1	1	2	0	2	4	1	2
T2	0	1	3	2	1	4	0	4	3	3	0	2	2	0	0	0	0
T3	3	2	3	2	3	3	3	3	1	2	1	0	1	0	0	1	1
T4	3	3	3	2	2	1	1	1	0	0	3	1	1	0	0	2	1
T5	4	2	2	2	2	1	3	1	1	0	1	1	0	2	0	0	0

Nota**.** *Los datos corresponden al total de consumidores evaluando los 5 tratamientos mediante el método Free Comment.*

Anexo 17. *Tabla de contingencia de las frecuencias observadas de cada descriptor olfativo por tratamiento.*

Tratamiento	ácido	dulce	suave	uva	afrutado	intenso	amaderado	manzana	floral	insípido	ligero
T1	13	11	16	13	4	9	6	8	2	8	3
T2	13	15	10	4	12	5	10	5	7	1	4
T3	18	11	7	14	7	10	5	4	8	5	8
T4	13	14	13	13	8	8	6	8	6	9	5
T5	19	15	17	15	10	4	9	9	6	1	3

Tratamiento	herbáceo	leve	pasas	amargo	plátano	frutos_verdes	frutos_secos	anizado	higo	miel	ciruela
T1	3	4	3	1	3	2	1	2	4	1	2
T2	6	1	1	3	0	0	2	0	1	1	1
T3	3	5	1	3	3	4	3	0	0	1	1
T4	3	0	4	3	2	1	2	1	2	1	1
T5	2	4	3	0	1	1	0	2	0	2	1

Nota. *Los datos corresponden al total de consumidores evaluando los 5 tratamientos mediante el método Free Comment.*

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 : Jose Carlos Velasquez Nina
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 74890306
Correo electrónico : jose.velased@gmail.com
Teléfono/Celular : 941944043

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 : Composición volátil y perfil sensorial de piscos puros y acholados

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 : 21-07-2026

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : Erick Manuel Soldoña Villa
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 4546 9129
c) ORCID : 0000-0002-4018-2852

FIRMA :

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 74890306
NOMBRES Y APELLIDOS : Jose Carlos Velasquez Nina

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

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 : 74890306

NOMBRES Y APELLIDOS : Jose Carlos Velasquez Nina

FECHA : 12 de agosto del 2026



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

Yo, Jose Carlos Velasquez Nina,
bachiller de la Escuela Profesional de: Ingenieria Agroindustrial
,
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI Nº 74890306., autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional, denominado:
"Composición volátil y perfil sensorial de piscos puros y acholados"

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, 12 de Agosto del 2026



Huella digital

Nombres y Apellidos: Jose Carlos Velasquez Nina
DNI: 74890306

Tesis - Jose Carlos (Piscos).pdf

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::20208:610090944

Fecha de entrega
24 jul 2026, 3:55 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
24 jul 2026, 4:30 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
Tesis - Jose Carlos (Piscos).pdf

Tamaño del archivo
5.0 MB

149 páginas

39.096 palabras

207.589 caracteres

15% 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

13% Fuentes de Internet
7% Publicaciones
10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)



Firmado digitalmente por SALDAÑA VILLA Erick Manuel FAU 20449347448 soft
Fecha: 2026.07.24 16:32:33 -05'00'

Fuentes principales

13% Fuentes de Internet
7% Publicaciones
10% 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	
zaguan.unizar.es		1%
2	Internet	
repositorio.lamolina.edu.pe		1%
3	Internet	
hdl.handle.net		<1%
4	Internet	
repositorio.unsa.edu.pe		<1%
5	Internet	
theses.hal.science		<1%
6	Internet	
repositorio.chapingo.edu.mx		<1%
7	Internet	
dialnet.unirioja.es		<1%
8	Internet	
www.oiv.int		<1%
9	Internet	
core.ac.uk		<1%
10	Internet	
ri.agro.uba.ar		<1%
11	Internet	
repositorio.unam.edu.pe		<1%

12 Internet
idus.us.es <1%

13 Internet
rodin.uca.es <1%

14 Trabajos entregados
Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2016-10-07 <1%

15 Internet
rexresearch1.com <1%

16 Internet
repositoriodigital.uns.edu.ar <1%

17 Internet
www.investigo.biblioteca.uvigo.es <1%

18 Internet
hal.science <1%

19 Trabajos entregados
Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2026-03-09 <1%

20 Trabajos entregados
ipn on 2025-06-26 <1%

21 Internet
www.vinetur.com <1%

22 Internet
uvadoc.uva.es <1%

23 Internet
fedorani.ni.ac.rs <1%

24 Internet
repositorio.usm.cl <1%

25 Trabajos entregados
Universidad Nacional Hermilio Valdizan on 2026-07-24 <1%

26 Trabajos entregados
Universidad San Ignacio de Loyola on 2025-11-20 <1%

27 Internet
eprints.nottingham.ac.uk <1%

28 Internet
op.europa.eu <1%

29 Publicación
Magallanes Arellano, Edward Omar|Montenegro Chavez, Fanny Mariela|Montev... <1%

30 Trabajos entregados
Colegio de Postgraduados on 2026-07-02 <1%

31 Internet
teses.usp.br <1%

32 Internet
www.eweb.unex.es <1%

33 Trabajos entregados
Universidad Catolica San Antonio de Murcia on 2026-06-12 <1%

34 Internet
investigacion.unirioja.es <1%

35 Internet
riunet.upv.es <1%

36 Internet
www.tdx.cat <1%

37 Publicación
Giho Kim, Hyemin Jeon, Mohammed I. Saleh, Youngseung Lee. "Integrating Inten... <1%

38 Trabajos entregados
Universidad del Valle de Guatemala on 2025-09-09 <1%

39 Internet
www.lajar.cl <1%

40 Trabajos entregados
Universidad Ricardo Palma on 2018-01-05 <1%

41 Trabajos entregados
Universitat Oberta de Catalunya on 2026-06-05 <1%

42 Internet
revistas.udca.edu.co <1%

43 Internet
www.campustudionline.com <1%

44 Internet
repositorio.uap.edu.pe <1%

45 Internet
www.sech.info <1%

46 Trabajos entregados
Colegio de Postgraduados on 2026-05-07 <1%

47 Internet
repositorio.ulima.edu.pe <1%

48 Publicación
Caceres Medina, Mario. "Lineamientos estrategicos para el desarrollo del aceite d... <1%

49 Internet
revistacym.com <1%

50 Publicación
JOSEFA ORTIZ SERRANO. "Influencia de la adición de glicosidasas sobre el potenci... <1%

51 Internet
docplayer.es <1%

52 Internet
minerva.usc.es <1%

53 Internet
www.leffingwell.com <1%

54 Trabajos entregados
Universidad Andrés Bello on 2024-12-01 <1%

55 Trabajos entregados
Universidad del Valle de Guatemala on 2024-09-20 <1%

56 Internet
www.researchgate.net <1%

57 Internet
www.slideshare.net <1%

58 Publicación
Çapar, Elif. "Farkli Raki Türlerinde Spme-gcms ile Bazi Uçucu Bilesenlerin Belirlen... <1%

59 Trabajos entregados
utec on 2025-07-17 <1%

60 Publicación
Chenming Fan, Xin Shi, Chunmei Pan, Fangli Zhang, Yuanyuan Zhou, Xiaoge Hou, ... <1%

61 Publicación
Desta Gebremedhin Gebrehiwot, Remedios Castro, Juan Carlos Hidalgo-Gárate, Al... <1%

62 Trabajos entregados
Universidad de Manizales on 2026-03-16 <1%

63 Internet
bdigital.unal.edu.co <1%

64 Internet
issuu.com <1%

65 Internet
repositorio.upeu.edu.pe:8080 <1%

66 Internet
www.cothn.pt <1%

67 Internet
www.coursehero.com <1%

68 Publicación
Ingunn Berget, Søren Bech, Davide Giacalone, Samuel Moulin, Mads Erling Peders... <1%

69 Internet
dspace.unitru.edu.pe <1%

70 Internet
etda.libraries.psu.edu <1%

71 Internet
patents.google.com <1%

72 Internet
repositorio.uteq.edu.ec <1%

73 Internet
www.scielo.org.pe <1%

74 Publicación
Graciela Yamada A., Felipe San Martín H., Víctor Bazán R.. "COMPARACIÓN DE TRE... <1%

75 Trabajos entregados
Mondragon Unibertsitatea on 2026-06-09 <1%

76 Trabajos entregados
Universidad Agraria del Ecuador on 2026-02-23 <1%

77 Trabajos entregados
Universidad Autónoma de Nuevo León on 2016-11-04 <1%

78 Publicación
da Silva Ferreira, Catarina. "Estudo Sobre Metabolitos Alvo de Candida Albicans C... <1%

79 Internet
repositorio.unjbg.edu.pe <1%

80 Internet
ri.conicet.gov.ar <1%

81 Trabajos entregados
Universidad Loyola Andalucia on 2024-09-17 <1%

82 Trabajos entregados
Universidad de Sevilla on 2026-07-04 <1%

83 Trabajos entregados
Universidade Estadual de Campinas on 2020-09-06 <1%

84 Publicación
Ziang Zheng, Kehui Huang, Haoen Cai, Xiaofeng Xiang, Yanfang Bai, Yan Liu, Pen... <1%

85 Internet
idoc.pub <1%

86 Internet
repositorio.puce.edu.ec <1%

87 Internet
umpir.ump.edu.my <1%

88 Publicación
DI Partida-Gutiérrez, JA Villaescusa, JV Macías-Zamora, FF Castillón. "Persistent or... <1%

89 Publicación
Miguel Ángel González-Moreno, Beñat García Gracianteparaluceta, Sara Marcelin... <1%

90 Publicación
Shandesh Bhattarai, Edivan Carvalho Vieira, Mahendra Rai. "Bioactive Compound... <1%

91 Trabajos entregados
Universidad Europea de Madrid on 2025-06-25 <1%

92 Trabajos entregados
Universidad de Cádiz on 2023-12-05 <1%

93 Publicación
Uribe Rosas, Christian Martin Raphael. "Desarrollo de una estrategia de calibraci... <1%

94 Internet
bdigital.zamorano.edu <1%

95 Publicación
de Almeida, Joana Marques. "Demonstration of Cork Stoppers Impact in Chemical... <1%

96 Publicación
Jiaju Zhou. "Volume 1 Isolated Compounds (A-C)", Encyclopedia of Traditional Chi... <1%

97 Publicación
Nunzio Alberto Fazio, Rosa Di Sanzo, Giovanni Marino, Sonia Carabetta et al. "Imp... <1%

98 Publicación
Rodriguez de Marco, Melisa Estefanía. "Elaboración de Panes Reducidos en Sodio"... <1%

99 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2018-11-27 <1%

100 Trabajos entregados
Universidad San Ignacio de Loyola on 2018-06-04 <1%

101 Trabajos entregados
Universidad Tecnologica de los Andes on 2024-09-06 <1%

102 Trabajos entregados
Universidad de Almeria on 2020-09-01 <1%

103 Internet
cienciaspecuarias.inifap.gob.mx <1%

104 Internet
ifstrj.um.ac.ir <1%

105 Internet
www.jove.com <1%

106 Publicación
Marzieh Rezaei, Nasser Sedaghat, Sara Hedayati, Mohammad-Taghi Golmakani. "... <1%

107 Trabajos entregados
Universidad de la Rioja on 2024-07-01 <1%

108 Internet
enologosandaluces.com.xn--enlogosandaluces-6ub.com <1%

109 Internet
senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx <1%

110 Internet
www.dspace.unitru.edu.pe <1%

111 Internet
www.terrabase-inc.com <1%

112 Publicación
Debboun, . "Appendix", Insect Repellents Handbook Second Edition, 2014. <1%

113 Publicación
Igor Sirnik. "Spatial-temporal analysis of climate change impact on viticultural re... <1%

114 Trabajos entregados
Unidad Publicaciones on 2025-10-05 <1%

115 Trabajos entregados
Universidad Centroamericana Jose Simeon Canas on 2026-06-20 <1%

116 Trabajos entregados
Universidad EAFIT on 2013-11-14 <1%

117 Trabajos entregados
Universidad de la Amazonia on 2023-11-28 <1%

118 Internet
diposit.ub.edu <1%

119 Internet
moam.info <1%

120 Internet
polaris.lcc.uma.es <1%

121 Publicación
JUAN RICO MOLINS. "Producción heteróloga de monoterpenos en Saccharomyces... <1%

122 Publicación
Rocco Longo, John W. Blackman, Guillaume Antalick, Peter J. Torley, Suzy Y. Rogie... <1%

123 Trabajos entregados
Universidad Nacional Agraria la Molina on 2026-05-22 <1%

124 Trabajos entregados
Universidad de Cádiz on 2023-12-04 <1%

125 Trabajos entregados
Universidad de Santiago de Chile on 2026-03-20 <1%

126 Internet
cdn.shopify.com <1%

127 Internet
doczz.es <1%

128 Internet
pastel.hal.science <1%

129 Internet
revistas.udistrital.edu.co <1%

130 Internet
sociedadyeconomia.univalle.edu.co <1%

131 Internet
www.pejibaye.ucr.ac.cr <1%

132 Publicación
Ramanand N. Jagtap, Linchon B. Mehta, Kunal K. Wadgaonkar, Pratiket B. Baman... <1%

133 Trabajos entregados
Universidad Alas Peruanas on 2022-01-27 <1%

134 Trabajos entregados
Universidad Internacional de la Rioja on 2026-03-18 <1%

135 Trabajos entregados
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD on 2021-12-09 <1%

136 Trabajos entregados
Universidad Nacional del Centro del Peru on 2025-11-26 <1%

137 Trabajos entregados
Universidad Politécnica de Madrid on 2023-07-17 <1%

138 Trabajos entregados
Universidad Privada San Juan Bautista on 2024-03-13 <1%

139 Trabajos entregados
Universidad Rey Juan Carlos on 2024-03-05 <1%

140 Trabajos entregados
Universidad de Colima on 2025-09-09 <1%

141 Trabajos entregados
Universidad del Valle de Guatemala on 2026-01-29 <1%

142 Trabajos entregados
University of Edinburgh on 2024-12-17 <1%

143 Publicación
V.K. Joshi, Ramesh C. Ray. "Winemaking - Basics and Applied Aspects", CRC Press, ... <1%

144 Internet
aip.scitation.org <1%

145 Internet
docslib.org <1%

146 Internet
gredos.usal.es <1%

147 Internet
hera.act.uji.es <1%

148 Internet
quimicafacil.net <1%

149 Internet
repositorio.upeu.edu.pe <1%

150 Internet
revistaalfa.org <1%

151 Internet
rua.ua.es <1%

152 Trabajos entregados
unapiquitos on 2026-07-21 <1%

153 Internet
wipo.shorthandstories.com <1%

154 Internet
www.preinvestigo.biblioteca.uvigo.es <1%

155 Internet
www.scribd.com <1%

156 Publicación
A. Jurado, C. García, M. L. Timón, A. I. Carrapiso. "MADURACIÓN DEL JAMÓN IBÉRI... <1%

157 Publicación
C. Bevan. "Monohydric Alcohols-C1 to C6", Wiley, 2001 <1%

158 Trabajos entregados
Consorcio CIXUG on 2018-05-22 <1%

159 Trabajos entregados
Docentes on 2026-06-18 <1%

160 Trabajos entregados
Higher Education Commission Pakistan on 2020-09-23 <1%

161 Publicación
J & E CONSULTORES GENERALES S.R.L.. "EIA-SD del Proyecto Instalación de la Líne... <1%

162 Publicación
LILIANA CANO GARCÍA. "Selección de levaduras de debaryomyces hansenii y dete... <1%

163 Publicación
MARÍA JOSÉ PEIDRÓ MONTANER. "ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN DE VINOS DE TE... <1%

164 Trabajos entregados
Mondragon Unibertsitatea on 2026-06-16 <1%

165 Publicación
Silvia Arduini, Alessandro Zappi, Marcello Locatelli, Salvatore Sgrò, Dora Melucci. ... <1%

166 Trabajos entregados
Unidad Publicaciones on 2026-05-07 <1%

167 Trabajos entregados
Universidad Anahuac México Sur on 2025-11-15 <1%

168 Trabajos entregados
Universidad Francisco de Vitoria on 2024-06-22 <1%

169 Trabajos entregados
Universidad Internacional de la Rioja on 2026-04-19 <1%

170 Trabajos entregados
Universidad Nacional Agraria la Molina on 2026-07-07 <1%

171 Trabajos entregados
Universidad Nacional Hermilio Valdizan on 2026-07-22 <1%

172 Trabajos entregados
Universidad San Francisco de Quito on 2025-11-26 <1%

173 Trabajos entregados
Universidad Tecnologica del Peru on 2023-08-11 <1%

174 Trabajos entregados
Universidad de Córdoba on 2020-10-20 <1%

175 Trabajos entregados
Universidad de Guayaquil on 2026-07-21 <1%

176 Trabajos entregados
Universidad de Murcia on 2018-07-24 <1%

177 Trabajos entregados
Universidad de Piura on 2025-12-11 <1%

178 Trabajos entregados
Universidad de la Rioja on 2021-09-10 <1%

179 Trabajos entregados
Universitat Oberta de Catalunya on 2026-06-14 <1%

180 Internet
bibliotecas.unsa.edu.pe <1%

181 Internet
bindani.izt.uam.mx <1%

182 Internet
degintu.dguv.de <1%

183 Internet
ebin.pub <1%

184 Internet
eprints.uanl.mx <1%

185 Internet
es.wikipedia.org <1%

186 Internet
huajsapata.unap.edu.pe <1%

187 Internet
repositorio.una.ac.cr <1%

188 Internet
repositorio.unas.edu.pe <1%

189 Internet
ricaxcan.uaz.edu.mx <1%

190 Internet
spanish1.peopledaily.com.cn <1%

191 Internet
www.elgastronomo.com.ar <1%

192 Publicación
"Comparación de la producción de compuestos aromáticos por cepas de levadura... <1%

193 Publicación
Alba Violeta Corona Cabrera. "Impacto de la percepción multisensorial en la satis... <1%

194 Trabajos entregados
BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA on 2026-04-27 <1%

195 Publicación
Cejudo Bastante, Maria Jesus. "Nuevas tecnologias de vinificacion basadas en la a... <1%

196 Publicación
Cintia Rodríguez, Luisa Estrada, Iván Moreno-Llanos, José-Luis de los Reyes. " Exe... <1%

197 Publicación
Claudia L. Loviso, Diego Libkind. "Síntesis y regulación de compuestos del aroma ... <1%

198 Trabajos entregados
Corporación Universitaria Minuto de Dios,UNIMINUTO on 2024-10-19 <1%

199 Publicación
Izabella Soletti. "Análise sensorial dinâmica de bacon defumado com madeiras de... <1%

200 Publicación
Mariño, Karinna Beatriz Visurraga. "Utilización de una Nariz Electrónica Elaborad... <1%

201 Publicación
Molina Mayo, Carlos. "Estudio de la composicion y estabilidad de biodiesel obteni... <1%

202 Trabajos entregados
Mondragon Unibertsitatea on 2026-05-29 <1%

203 Trabajos entregados
Mondragon Unibertsitatea on 2026-06-16 <1%

204 Publicación
Mónica Medina Herranz. "Androesterilidad ligada a la obención de frutos parteno... <1%

205 Publicación
Taylor, F.W.. "Reference model for methane and nitrous oxide", Advances in Spac... <1%

206 Trabajos entregados
Tecsup on 2016-11-21 <1%

207 Publicación
Trujillo-Rodriguez, Maria Jose. "Desarrollo de Metodologias Analiticas de Microex... <1%

208 Trabajos entregados
Universidad Alas Peruanas on 2018-11-18 <1%

209 Trabajos entregados
Universidad Catolica San Antonio de Murcia on 2026-07-08 <1%

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

211 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2016-04-25 <1%

212 Trabajos entregados
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD on 2025-10-28 <1%

213 Trabajos entregados
Universidad Nacional Agraria La Molina on 2023-09-25 <1%

214 Trabajos entregados
Universidad Nacional Agraria la Molina on 2026-06-18 <1%

215 Trabajos entregados
Universidad Nacional San Agustin on 2018-02-23 <1%

216 Trabajos entregados
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2025-11-03 <1%

217 Trabajos entregados
Universidad San Ignacio de Loyola on 2018-06-01 <1%

218 Trabajos entregados
Universidad San Ignacio de Loyola on 2018-06-12 <1%

219 Trabajos entregados
Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC on 2026-06-21 <1%

220 Trabajos entregados
Universidad de Burgos UBUCEV on 2022-07-14 <1%

221 Trabajos entregados
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria on 2021-10-22 <1%

222 Trabajos entregados
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria on 2025-01-20 <1%

223 Trabajos entregados
Universidad de Piura on 2020-07-04 <1%

224 Trabajos entregados
Universidad de Piura on 2026-07-17 <1%

225 Trabajos entregados
Universidad de Salamanca on 2026-07-02 <1%

226 Trabajos entregados
Universidad de la Rioja on 2022-07-21 <1%

227 Trabajos entregados
Universidad del Valle de Guatemala on 2023-10-16 <1%

228 Trabajos entregados
Universidad del Valle de Guatemala on 2024-09-30 <1%

229 Trabajos entregados
Universitat Oberta de Catalunya on 2026-03-08 <1%

230 Trabajos entregados
University of Florida on 2020-08-08 <1%

231 Publicación
Vicente Ferreira, Laura Culleré, Ricardo López. "The instrumental analysis of aro... <1%

232 Internet
dehesa.unex.es <1%

233 Internet
digibuo.uniovi.es <1%

234 Internet
documents.mx <1%

235 Internet
dspace.umh.es <1%

236 Internet
dx.doi.org <1%

237 Internet
escholarship.org <1%

238 Internet
helvia.uco.es <1%

239 Internet
mdpi-res.com <1%

240 Internet
nmbu.brage.unit.no <1%

241 Internet
ojs.journalsdg.org <1%

242 Internet
repositorio.unasam.edu.pe <1%

243 Internet
repositorio.unsaac.edu.pe <1%

244 Internet
revistas.unileon.es <1%

245 Internet
ruidera.uclm.es <1%

246 Internet
tesis.ucsm.edu.pe <1%

247 Trabajos entregados
ucb on 2024-12-12 <1%

248 Trabajos entregados
unapiquitos on 2024-07-10 <1%

249 Internet
worldwidescience.org <1%

250 Internet

www.clubensayos.com <1%

251 Internet

www.etsia.upm.es <1%

252 Internet

www.gestiopolis.com <1%

253 Internet

www.lis.secyt.gov.ar <1%

254 Internet

www.tigota.it <1%

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 711-2026-CU

Moquegua, 14 de octubre de 2026

VISTOS:

La Resolución de Consejo de Facultad N° 525-2026-CF-FAIN-UNAM, de la Facultad de Ingenierías; el Informe N° D0549-2026-UNAM-R-FAIN, emitido por la Decana de la Facultad de Ingenierías; el Informe Técnico N° D0156-2026-UNAM-SG-GT, emitido por la Especialista Administrativo II de Grados y Títulos; el Informe N° D0536-2026-UNAM-R-SG, emitido por el Secretario General de la UNAM; el Proveído N° 5189-2026-R, emitido por el señor Rector; el Acuerdo del Pleno del Consejo Universitario de Sesión Extraordinaria N° 40-2026-SE-CU-UNAM, de fecha 14 de octubre de 2026; y,

CONSIDERANDO:

Que, conforme al 4.° 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 establece 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 numeral 59.14 del artículo 59 de la Ley N° 30220-Ley Universitaria, establece como una de las atribuciones del Consejo Universitario la de conocer y resolver todos los demás asuntos que no estén encomendados a otras autoridades universitarias, en concordancia con el numeral 28 del artículo 20 del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

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, referida 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° 525-2026-CF-FAIN-UNAM, de fecha 23 de setiembre de 2026, el Consejo de Facultad de Ingenierías aprobó el otorgamiento del Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, por la modalidad de Tesis, a un (1) 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: JOSE CARLOS VELASQUEZ NINA;

Que, mediante Informe N° D0549-2026-UNAM-R-FAIN, de fecha 28 de setiembre de 2026, la Decana de la Facultad de Ingenierías remite a Secretaría General la Resolución de Consejo de Facultad N° 525-2026-CF-FAIN-UNAM, de fecha 23 de setiembre de 2026;

Que, mediante Informe Técnico N° D0156-2026-UNAM-SG-GT de fecha 01 de octubre de 2026, e Informe N° D0536-2026-UNAM-R-SG de fecha 02 de octubre de 2026, el Secretario General de la UNAM remite al Rectorado el expediente para el trámite de Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial a favor del Bachiller: JOSE CARLOS VELASQUEZ NINA, 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 14 de octubre 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;

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

Universidad Nacional de Moquegua

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 711-2026-CU

Moquegua, 14 de octubre de 2026

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;

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

Que, bajo el amparo de los considerandos precedentes, el Pleno del Consejo Universitario en Sesión Extraordinaria N° 40-2026-SE-CU-UNAM, de fecha 14 de octubre 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: JOSE CARLOS VELASQUEZ NINA, 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 artículo 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:

- **JOSE CARLOS VELASQUEZ NINA**

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 realizar las acciones pertinentes relacionadas con la inscripción correspondiente en el Registro Nacional 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 SECRETARIA GENERAL

MTRO. JOSE LUIS PACHECO CACERES
SECRETARIO GENERAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA CONSEJO UNIVERSITARIO

DR. HUGO RUBEN MARCA MAQUERA
RECTOR
PRESIDENTE DEL CONSEJO UNIVERSITARIO

DISTRIBUCIÓN: VRA, VRI, FAIN, EPIA, GyT, DASA, OTI, *Interesada, C.c. Arch.*
SVR

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