UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

"CARACTERIZACIÓN SENSORIAL Y OLFATOMÉTRICA DE PISCOS AROMÁTICO (*Italia*), NO AROMÁTICO (*Negra Criolla*) y SUS INTERACCIONES"

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. Walter Layme Panti

ASESOR:

Dr. Erick Manuel Saldaña Villa

COASESOR:

Dr. Nils Leander Huamán Castilla

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 08:55:51 -05'00'

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Folio N° 37

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA — UNAM — FEDATARIO

I. Modalidad:

Tesis : [X]

Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]

Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación de la modalidad de titulación del bachiller:

RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD Nº 234-2025-CF-FAIN-UNAM

Fecha: 07/11/2025 RCF Nº 179-2026-CF-FAIN-UNAM 29/05/2026

III. Documento de aprobación para la sustentación:

RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD Nº 327-2026-CF-FAIN-UNAM

Fecha: 13/07/2026

IV. El Jurado ha dictaminado la (el) TESIS

TITULADO: "CARACTERIZACIÓN SENSORIAL Y OLFATOMÉTRICA DE PISCOS AROMÁTICO (Italia), NO AROMÁTICO (Negra Criolla) Y SUS INTERACCIONES"

Bachiller: WALTER LAYME PANTI

Asesor Principal: Dr. ERICK MANUEL SALDAÑA VILLA

Co-Asesor: Dr. NILS LEANDER HUAMAN CASTILLA

V. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: CATORCE (14) por lo que; Sí [X] No [ ]

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

Siendo las 11:50 horas, del 21 de JULIO del año 2026 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente	Primer Miembro	Segundo Miembro
César Augusto Nava A.	Pamela Ruth Toledo Merma	Andy Iver Rodriguez Manchego
(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)
	Miembro Accesitario	
	Gio Royci Sucu Colana	
	(Nombres y Apellidos)	
Asesor Principal	Bachiller	Co-Asesor
Erick Manuel Saldaña Villa	Walter layme Panti	
(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y mi luz en cada paso de este camino. A Él le debo la fe y la perseverancia que me permitieron llegar hasta aquí.

A mi familia, por su confianza incondicional y por brindarme siempre la oportunidad de crecer. Su apoyo constante fue el pilar más firme en los momentos en que más lo necesité.

A todas aquellas personas que, con genuina bondad y buenas intenciones, tendieron su mano y aportaron su granito de arena en este proceso. Este logro también les pertenece.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza necesaria para alcanzar esta meta y por iluminar cada etapa de mi formación profesional.

A mi madre, Feliciana Panti Anchapuri, y a mi padre, David Layme Huallpachoque, por su amor inquebrantable, su sacrificio y por creer en mí. A mi querida hermanita, Kina Naydelin Layme Panti, por su cariño sincero. A mi abuelo, Marcelino Layme Villalva, quien desde el cielo me ilumina con sus bendiciones; su recuerdo vive en cada logro que alcanzo.

A la Universidad Nacional de Moquegua, por el financiamiento otorgado a través del proyecto "Nuevas Estrategias de Mejora de la Calidad Aromática de Piscos Producidos en la Región Moquegua" (Resolución de Consejo Universitario N.° 108-2020-UNAM), que hizo posible el desarrollo de esta investigación.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por ofrecerme el espacio y las herramientas para crecer tanto en lo académico como en lo personal. A todos los docentes que compartieron su conocimiento con generosidad y vocación.

Un agradecimiento especial y profundo a mi asesor, por darme la oportunidad de encaminarme en el mundo de la investigación, por su orientación constante, su paciencia y su compromiso con este trabajo. Asimismo, a mi coasesor, por formar parte de este proyecto.

Finalmente, a todas las personas que participaron en las distintas actividades y apoyaron el desarrollo de esta investigación: su colaboración fue fundamental y es reconocida con sincera gratitud.

RESUMEN

El Pisco es una bebida destilada emblemática del Perú cuya calidad sensorial depende de la variedad de uva empleada y su composición volátil. Las variedades aromáticas como Italia, ricas en linalool, citronelol y geraniol, generan notas florales, frutales y cítricas, mientras que las no aromáticas como Negra Criolla presentan perfiles más neutros con predominio de alcoholes superiores y compuestos fermentativos. No existía información científica sobre cómo interactúan al combinarse ni sobre cómo dicha interacción modifica la percepción sensorial dinámica y la aceptación del consumidor. Se evaluaron cinco mezclas de Pisco aromático Italia (PA) y Pisco no aromático Negra Criolla (PNA): PA100:PNA0, PA75:PNA25, PA50:PNA50, PA25:PNA75 y PA0:PNA100, mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC–MS), cromatografía de gases con olfatometría (GC–O), Dominancia Temporal de Sensaciones (TDS) en las fases de aroma, sabor y sabor residual, y escala hedónica de nueve puntos con 76 consumidores. GC–MS identificó 18 compuestos discriminantes, siendo linalool (VIP = 2,10), citronelol (1,93) y geraniol (1,85) los de mayor contribución; GC–O detectó 14 zonas odorantes relevantes, predominando frutas tropicales (100 %) y floral-amaderado (92,2 %); TDS evidenció dominancia temprana de atributos dulces, frutales y florales con mayor proporción de PA, y mayor persistencia de amargo, astringente y herbáceo con mayor PNA; la mayor aceptación correspondió a PA100:PNA0 (6,76), PA75:PNA25 (6,33) y PA50:PNA50 (6,18), siendo dulce el principal direccionador de la aceptación. Mezclas con hasta 50 % de Negra Criolla mantienen una aceptación comparable a la del Pisco Italia puro, ofreciendo una base técnica para el diseño de acholados con un mejor equilibrio entre la disponibilidad de materia prima y la calidad sensorial percibida.

***Palabras clave**: Pisco, Italia, Negra Criolla, GC–MS, GC–O, TDS, aceptación sensorial*.

ABSTRACT

Pisco is an emblematic Peruvian distilled beverage whose sensory quality depends on the grape variety used and its volatile composition. Aromatic varieties such as Italia, rich in linalool, citronellol, and geraniol, generate floral, fruity, and citrus notes, while non-aromatic varieties such as Negra Criolla present more neutral profiles with a predominance of higher alcohols and fermentative compounds. No scientific information existed on how they interact when blended or on how that interaction modifies dynamic sensory perception and consumer acceptance. Five blends of aromatic Italia Pisco (PA) and non-aromatic Negra Criolla Pisco (PNA): AP100:NAP0, AP75:NAP25, AP50:NAP50, AP25:NAP75, and AP0:NAP100, were evaluated by gas chromatography-mass spectrometry (GC–MS), gas chromatography-olfactometry (GC–O), Temporal Dominance of Sensations (TDS) in the aroma, taste, and aftertaste phases, and a nine-point hedonic scale with 76 consumers. GC–MS identified 18 discriminant compounds, with linalool (VIP = 2.10), citronellol (1.93), and geraniol (1.85) showing the highest contribution; GC–O detected 14 relevant odorant zones, with Tropical fruits (100 %) and floral-woody (92.2 %) predominating; TDS showed early dominance of sweet, fruity, and floral attributes with higher PA proportion, and greater persistence of bitter, astringent, and herbaceous attributes with higher PNA; the highest acceptance corresponded to AP100:NAP0 (6.76), AP75:NAP25 (6.33), and AP50:NAP50 (6.18), with sweet being the main driver of liking. Blends containing up to 50 % Negra Criolla maintain acceptance comparable to pure Italia Pisco, providing a technical basis for designing acholado blends with a better balance between raw material availability and perceived sensory quality.

Keywords*: Pisco, Italia, Negra Criolla, GC–MS, GC–O, TDS, sensory acceptance.*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN **13**
I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN **15**
1.1. Descripción de la realidad problemática **15**
1.2. Formulación del problema de investigación **17**
1.2.1. Interrogante general 17
1.2.2. Interrogantes específicas 17
1.3. Objetivo **17**
1.3.1. Objetivo general 17
1.3.2. Objetivos específicos 18
1.4. Justificación **18**
1.5. Hipótesis **19**
1.5.1. Hipótesis general 19
1.5.2. Hipótesis específicas 19
1.6. Variables **20**
1.6.1. Variables independientes 20
1.6.2. Variables dependientes 20
1.6.3. Operacionalización de variables 21
II. MARCO TEÓRICO **22**
2.1. Antecedentes del problema **22**
2.2. Bases teóricas sobre el trabajo de investigación **24**
2.2.1. Pisco 24
2.2.2. Producción de Pisco 25
2.2.3. Exportación de Pisco 27
2.2.4. Clasificación del Pisco 27
2.2.5. Requisitos organolépticos del Pisco 28
2.2.6. Proceso de elaboración de Pisco 30
2.2.7. Variedad de uvas pisqueras 32
2.2.8. Compuestos aromáticos 34
2.2.9. Compuestos volátiles del Pisco 37
2.2.10. Estímulos químicos responsables del perfil sensorial del Pisco 38
2.2.11. Papel del gusto y olfato en el perfil sensorial del Pisco 39
2.2.12. Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas con olfatometría 40
2.2.13. Análisis sensorial 42
2.2.14. Métodos clásicos para la caracterización sensorial 43
a. Métodos discriminativos 44
b. Métodos descriptivos 47
c. Métodos afectivos 49
2.2.15. Métodos sensoriales temporales 50
a) Tiempo – intensidad 51
b) Perfil progresivo 52
c) Dominancia temporal de sensaciones 53

Origen 53
Definición 54
Implementación metodológica 54
Selección de atributos 55
Determinación del tiempo de evaluación 56
Procesamiento e interpretación de datos TDS 56
Secuencia a nivel individual 56
Secuencia a nivel panel: curvas TDS 58
Estandarización de curvas TDS 60
Construcción de curvas TDS y nivel de significancia 62
d) Determinantes temporales de agrado 63
2.3. Definición de términos 63
III. METODOLOGÍA 66
3.1. Tipo y nivel de investigación 66
3.2. Ámbito temporal y espacial 66
3.3. Población y muestra 67
3.4. Instrumentos 68
a. Materiales 68
b. Equipos 69
c. Insumos y Reactivos 69
3.5. Procedimiento 69
3.5.1. Preparación de las muestras 71
3.5.2. Caracterización volátil y olfatométrica 71
3.5.2.1. Preparación de las muestras para GC–MS/O 71
3.5.2.2. Análisis de compuestos volátiles y olfatometría por GC–MS/O 73
3.5.3. Evaluación sensorial 75
3.5.3.1. Reclutamiento de consumidores y condiciones de evaluación 75
3.5.3.2. Procedimiento del método TDS 77
3.6. Análisis de datos 78
3.6.1. Análisis de datos de la caracterización volátil y olfatométrica (objetivo 1) 78
3.6.2. Análisis de datos del perfil sensorial dinámico (objetivo 2) 80
3.6.3. Análisis de datos de aceptación sensorial y DTA (objetivo 3) 81
3.6.4. Análisis de datos de la relación entre compuestos volátiles, atributos dominantes y aceptación (objetivo 4) 82
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 83
4.1. Caracterización volátil y olfatométrica (objetivo 1) 83
4.1.1. Análisis GC–MS 83
4.1.2. Análisis GC–O 87
4.2. Perfil sensorial dinámico de las mezclas (objetivo 2) 90
4.2.1. Dominancia temporal de atributos sensoriales 90
4.2.2. Análisis del perfil sensorial mediante MFA 93
4.3. Aceptación sensorial y DTA (objetivo 3) 96
4.3.1. Aceptación sensorial 96

4.3.2. Determinantes temporales de agrado 98
4.4. Relación entre compuestos volátiles, atributos dominantes y aceptación sensorial (objetivo 4) 101
V. CONCLUSIONES 104
VI. RECOMENDACIONES 105
VII. REFERENCIAS 107
VIII. ANEXOS 120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Operacionalización de las variables* 21
Tabla 2 *Requisitos organolépticos del Pisco* 29
Tabla 3 *Compuestos aromáticos presentes en el Pisco según la variedad de uva* 33
Tabla 4 *Compuestos aromáticos presentes en el Pisco según origen del aroma* 34
Tabla 5 *Compuestos discriminantes de las mezclas PA/PNA identificados por GC–MS, valores de VIP, q-FDR y patrón de mezcla.* 85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Principales regiones productoras de Pisco en el Perú* 25
Figura 2 *Producción anual de Pisco en el Perú (2016 - 2025)* 26
Figura 3 *Diagrama de flujo de elaboración de Pisco* 31
Figura 4 *Estructura de los compuestos BTEX* 35
Figura 5 *Clasificación estructural química de los compuestos del sabor* 36
Figura 6 *Diagrama de la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y olfatometría (GC–MS/O)* 41
Figura 7 *Pruebas sensoriales discriminativas* 46
Figura 8 *Clasificación de análisis sensorial descriptivo* 48
Figura 9 *Escala hedónica de 9 puntos usada en pruebas de aceptación en alimentos* 49
Figura 10 *Curva Tiempo-Intensidad* 51
Figura 11 *Ejemplo de evaluación mediante perfil progresivo* 53
Figura 12 *Método TDS* 55
Figura 13 *Tratamiento de datos TDS* 57
Figura 14 *Metodología para calcular las curvas TDS* 59
Figura 15 *Estandarización de datos TDS* 60
Figura 16 *Curvas TDS estandarizadas y no estandarizadas en la evaluación de la textura de una muestra de cereal. A: Curvas TDS no estandarizadas; B: Curvas TDS estandarizadas* 61
Figura 17 *Curvas TDS con los niveles chance y significancia* 62
Figura 18 *Clasificación de Piscos aromáticos y no aromáticos* 68
Figura 19 *Descripción esquemática del estudio* 70
Figura 20 *Preparación de muestras* 71
Figura 21 *Preparación de compuestos volátiles* 72
Figura 22 *Inyección y detección, instrumental y sensorial, de compuestos aromáticos mediante GC–MS/O.* 74
Figura 23 *Procedimiento de evaluación sensorial del Pisco* 76
Figura 24 *Protocolo experimental para el análisis sensorial por TDS* 77
Figura 25 *Perfil discriminante de compuestos volátiles en mezclas PA/PNA mediante PLS-DA y puntuación VIP.* 86
Figura 26 *Perfil olfatométrico de familias sensoriales en mezclas de PA/PNA.* 89
Figura 27 *Dominancia temporal de atributos sensoriales en las muestras evaluadas* 92
Figura 28 *Relación entre muestras y atributos sensoriales mediante análisis factorial múltiple* 95
Figura 29 *Aceptación sensorial de mezclas de Pisco aromático Italia y Pisco no aromático Negra Criolla* 98
Figura 30 *Determinantes temporales de agrado de atributos sensoriales en*

PA/PNA. 100
Figura 31 *Correlación entre atributos sensoriales, compuestos volátiles y aceptación en muestras de Pisco* 103

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 *Carta de aprobación del comité ética de la investigación de la UNAM* 120
Anexo 2 *Preparación de muestras de Pisco para el proceso de desorción térmica en el análisis GC–MS/O* 121
Anexo 3 *Colocación de tubos en el sistema de desorción térmica* 121
Anexo 4 *Evaluación de olfatometría en GC–O* 122
Anexo 5 *Recolección de datos olfatométricos* 122
Anexo 6 *Banner informativo previo a la evaluación sensorial* 123
Anexo 7 *Preparación de las muestras* 124
Anexo 8 *Combinación de las muestras de PA/PNA* 124
Anexo 9 *Presentación de las muestras para evaluación* 125
Anexo 10 *Codificación de muestras en cabina sensorial* 125
Anexo 11 *Aplicación de la evaluación sensorial* 126
Anexo 12 *Laboratorio de análisis sensorial* 126
Anexo 13 *Cromatograma y análisis olfatométrico de la muestra PA100:PNA0* 127
Anexo 14 *Cromatograma y análisis olfatométrico de la muestra PA75:PNA25* 127
Anexo 15 *Cromatograma y análisis olfatométrico de la muestra PA50:PNA50* 127
Anexo 16 *Cromatograma y análisis olfatométrico de la muestra PA25:PNA75* 128
Anexo 17 *Cromatograma y análisis olfatométrico de la muestra PA0:PNA100* 128
Anexo 18 *Cálculos involucrados en los DTA* 129
Anexo 19 *Compuestos volátiles identificados por GC–MS/O y familias sensoriales asociadas en las mezclas PA/PNA* 131
Anexo 20 *ANOVA tipo II y regresión polinómica de los compuestos identificados por GC–MS* 141
Anexo 21 *VIP scores del modelo PLS-DA con validación cruzada LOO-CV* 147

INTRODUCCIÓN

El Pisco es una bebida destilada emblemática del Perú, elaborada exclusivamente a partir de mostos frescos fermentados de uvas pisqueras y protegida por la Denominación de Origen desde 1991 (Indecopi, 2012). A diferencia de otros destilados, no se somete a añejamiento ni a corrección posterior del grado alcohólico, preservando los compuestos directamente asociados a la materia prima, la fermentación y la destilación (Cacho et al., 2013a; Palma et al., 2025). Su calidad sensorial depende en gran medida de la variedad de uva empleada. Las variedades aromáticas, como Italia, ricas en terpenos varietales, generan atributos florales, cítricos y frutales que definen su identidad olfativa, mientras que las no aromáticas, como Negra Criolla, presentan perfiles más neutros, con predominio de alcoholes superiores y compuestos fermentativos (Cacho et al., 2012; Napa-Almeyda et al., 2023). La mezcla de ambas variedades, denominada acholado según la Norma Técnica Peruana NTP 211.001, constituye una práctica productiva arraigada en regiones como Moquegua, donde el contraste entre ellas ofrece oportunidades para diversificar el perfil sensorial del destilado; sin embargo, se desconoce cómo interactúan químicamente al combinarse en distintas proporciones y cómo esa interacción modifica la percepción sensorial dinámica y la aceptación del consumidor.

Los estudios sobre Pisco han avanzado considerablemente en la caracterización química mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC–MS), reportando una amplia diversidad de compuestos entre terpenos, ésteres y alcoholes superiores (Cacho et al., 2012; Moncayo et al., 2014). No obstante, la presencia de un compuesto no garantiza su impacto sensorial real, ya que la relevancia odorante depende del umbral olfativo y de la matriz del destilado (Brattoli et al., 2013; De-La-fuente-blanco & Ferreira, 2020). A esto se suma que las metodologías sensoriales empleadas son principalmente estáticas y no capturan la evolución temporal de los atributos durante la degustación, limitación

especialmente relevante en bebidas destiladas como el Pisco, donde el aroma, el sabor y el sabor residual se transforman de manera continua (Pineau et al., 2009). Como señalan Saldaña et al., (2025), existe una brecha documentada entre la información química disponible y la percepción sensorial real del consumidor, brecha que se vuelve crítica en el estudio de mezclas de Piscos aromáticos y no aromáticos, aspecto no abordado en la literatura científica hasta la fecha. Para cerrar esta brecha, la integración de GC–MS, cromatografía de gases con olfatometría (GC–O), Dominancia Temporal de Sensaciones (TDS) y los Determinantes Temporales de Agrado (DTA) representa una estrategia metodológica que permite vincular la composición volátil con la dinámica sensorial y la aceptación del consumidor.

En este estudio se evaluaron cinco mezclas binarias de Pisco aromático Italia (PA) y Pisco no aromático Negra Criolla (PNA) en proporciones volumétricas definidas, analizando su perfil volátil, olfatométrico, sensorial dinámico, así como su aceptación por 76 consumidores, con el fin de establecer la relación entre los compuestos discriminantes, los atributos dominantes y el agrado del consumidor. Los resultados generan información científica aplicable al diseño técnico de acholados con mejor equilibrio entre calidad sensorial percibida, disponibilidad de materia prima regional y competitividad del Pisco moqueguano en el mercado nacional e internacional.

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

El Pisco es la bebida destilada emblemática del Perú, protegida por Denominación de Origen desde 1991 y producida en cinco regiones costeras, tales como Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna (Indecopi, 2012). A nivel nacional, la producción alcanzó 7,8 millones de litros en 2024, con una tasa de crecimiento promedio anual del 2,5 % en el periodo 2020–2024, y las exportaciones superaron el millón de litros, dirigidas principalmente a Estados Unidos, España y Países Bajos (CIEN-ADEX, 2025; PRODUCE, 2026). Sin embargo, esta dinámica no se distribuye de manera equitativa entre las regiones. Del total de 527 empresas productoras formales, el 44,4 % se concentra en Ica, seguida de Lima con 40,8 %, Arequipa con 10,1 %, Moquegua con 2,7 % y Tacna con 2,1 % (PRODUCE, 2026). Esta participación marginal resulta paradójica, considerando que el valle de Osmore, principal enclave pisquero moqueguano, reúne condiciones agroecológicas favorables y una tradición vitivinícola de más de cuatro siglos, con el cultivo documentado de variedades como Negra Criolla, Albilla, Italia, Mollar, Quebranta, Moscatel y Torontel (Indecopi, 2012).

Las variedades aromática Italia y la no aromática Negra Criolla son las principales en la producción regional de acholado, definido por la NTP 211.001 (Indecopi, 2006) como la mezcla de uvas, mostos o destilados de variedades aromáticas y/o no aromáticas en cualquier proporción. La variedad Italia se distingue por su alta concentración de monoterpenos como linalool, citronelol y geraniol, responsables de atributos florales, frutales y cítricos, mientras que la Negra Criolla presenta perfiles más neutros, con predominio de alcoholes superiores y compuestos fermentativos (Cacho et al., 2012; Napa-Almeyda et al., 2023). Sin embargo, los productores moqueguanos carecen de información integrada sobre cómo la proporción entre ambas variedades modifica la composición volátil y el perfil sensorial, lo que les impide formular acholados que diferencien su Pisco y aprovechen las variedades disponibles en Moquegua (Saldaña et al., 2025).

Los estudios sobre Pisco se han centrado principalmente en la

caracterización química mediante GC–MS, reportando una amplia diversidad de compuestos volátiles, como terpenos, ésteres, alcoholes superiores y ácidos (Cacho et al., 2012; Moncayo et al., 2014). Sin embargo, la presencia de un compuesto no garantiza su impacto en el aroma percibido, ya que este depende del umbral olfativo, de la matriz alcohólica y de las interacciones entre los constituyentes (Brattoli et al., 2013; De-La-fuente-blanco & Ferreira, 2020). Por ello, la caracterización química aislada resulta insuficiente para explicar cómo la mezcla de PA y PNA en distintas proporciones modifica la experiencia sensorial y, menos aún, para predecir su aceptación. Tal como señalan Saldaña et al. (2025), la investigación reciente sobre Pisco exige enfoques multidisciplinarios que correlacionen la composición química, la percepción sensorial y la aceptación, lo que constituye una brecha desafiadora en el estudio de mezclas de variedades aromáticas y no aromáticas, un aspecto aún no abordado en la literatura científica.

A esta limitación se suma que la mayoría de las investigaciones disponibles emplean metodologías sensoriales estáticas, que no permiten capturar cómo evolucionan los atributos percibidos a lo largo de la degustación. En bebidas destiladas como el Pisco, el aroma, el sabor y las sensaciones residuales se transforman de manera continua, por lo que una evaluación retrospectiva no refleja la experiencia real del consumidor (Pineau et al., 2009). Esta brecha es especialmente relevante mezclas aromáticas y no aromáticas producidas en Moquegua, para las cuales no existe evidencia científica previa sobre cómo la proporción PA/PNA modifica la dinámica sensorial ni sobre qué atributos determinan su aceptación.

Frente a esta problemática, la integración de GC–MS/O, TDS y DTA constituye una estrategia metodológica pertinente para comprender cómo la proporción PA/PNA modifica la composición volátil, el perfil olfatométrico, la percepción sensorial dinámica y la aceptación, generando información científica aplicable al diseño de Piscos acholados, con un mejor equilibrio entre el perfil sensorial, la disponibilidad de materia prima regional y la competitividad del Pisco moqueguano en los mercados nacionales e internacionales.

1.2. Formulación del problema de investigación

1.2.1. *Interrogante general*

¿Cuál es la composición volátil, el perfil sensorial dinámico por modalidad y la aceptación sensorial de las mezclas de Pisco aromático Italia y Pisco no aromático Negra Criolla?

1.2.2. *Interrogantes específicas*

- ¿Qué compuestos volátiles caracterizan las mezclas de Pisco aromático Italia y Pisco no aromático Negra Criolla, identificados mediante GC–MS/O?
- ¿Qué atributos sensoriales dominantes por modalidad (aroma, sabor y sabor residual) presentan las mezclas de Pisco aromático Italia y Pisco no aromático Negra Criolla durante la degustación, evaluadas mediante TDS?
- ¿Cuál es la aceptación sensorial de las mezclas de Pisco aromático Italia y Pisco no aromático Negra Criolla, medida con una escala hedónica de nueve puntos, y qué atributos sensoriales determinan dicha aceptación según DTA?
- ¿Qué relación existe entre los compuestos volátiles, los atributos sensoriales dominantes y la aceptación de las mezclas de Pisco aromático Italia y Pisco no aromático Negra Criolla?

1.3. Objetivo

1.3.1. *Objetivo general*

Determinar la composición volátil, el perfil sensorial dinámico por modalidad y la aceptación sensorial de mezclas de PA y PNA, estableciendo la relación entre los compuestos volátiles identificados por GC–MS/O, los atributos dominantes percibidos mediante TDS y la aceptación del consumidor.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Caracterizar los compuestos volátiles presentes en las mezclas de PA/PNA mediante el análisis instrumental GC–MS/O.
- Determinar los atributos sensoriales dominantes por modalidad (aroma, sabor y sabor residual) en las mezclas PA/PNA mediante el método TDS.
- Evaluar la aceptación sensorial de las mezclas PA/PNA mediante una escala hedónica de nueve puntos e identificar los atributos sensoriales determinantes de agrado mediante DTA.
- Evaluar la relación entre los compuestos volátiles identificados, los atributos sensoriales dominantes y la aceptación sensorial de las mezclas de PA/PNA.

1.4. Justificación

El aporte científico del estudio radica en describir, por primera vez, cómo el ensamblaje de variedades aromáticas y no aromáticas de Pisco, en proporciones controladas, modifica su composición volátil y su percepción sensorial y hedónica (Saldaña et al., 2025). Estos hallazgos van más allá de los contextos regional y nacional, contribuyendo a comprender el papel del ensamblaje varietal en el perfil volátil y aromático de las bebidas destiladas (Cacho et al., 2012; Napa-Almeyda et al., 2023).

En el plano metodológico, la integración de GC–MS/O, TDS y DTA aplicada al Pisco es inédita y, con el tiempo, determina qué atributos modifican la aceptación del consumidor, información que los métodos sensoriales estáticos no proporcionan (Pineau & Schlich, 2023). Enfoques similares han discriminado formulaciones y orientado el desarrollo de bebidas fermentadas y destiladas (He et al., 2021), lo que respalda su pertinencia para el diseño de Piscos acholados.

Los resultados tienen aplicación sectorial directa, pues permiten a los productores sustentar técnicamente la proporción Italia/Negra Criolla de sus Piscos acholados y optimizar la calidad sensorial percibida sin alterar la

identidad protegida por la Denominación de Origen (Indecopi, 2012). En un mercado cuyas exportaciones alcanzaron 8,4 millones de dólares en 2024 (CIEN-ADEX, 2025), diferenciar el producto por un perfil sensorial estable constituye una ventaja competitiva para el Pisco moqueguano.

1.5. Hipótesis

1.5.1. *Hipótesis general*

Las mezclas de Pisco aromático Italia y Pisco no aromático Negra Criolla presentan diferencias en la composición volátil, en el perfil sensorial dinámico por modalidad y en la aceptación sensorial. Las proporciones con mayor contenido de PA muestran una mayor dominancia de atributos florales, cítricos y frutales, así como una mayor aceptación, debido a su mayor presencia relativa de marcadores terpénicos varietales como linalool, citronelol y geraniol.

1.5.2. *Hipótesis específicas*

- Las mezclas de Pisco con mayor proporción de PA presentan una composición volátil significativamente diferente a la de las mezclas con mayor proporción de PNA. Las primeras se caracterizan por una mayor presencia relativa de marcadores terpénicos (linalool, citronelol y geraniol) y norisoprenoides (β-damascenona), mientras que las segundas presentan una mayor presencia relativa de alcoholes superiores y compuestos fermentativos.
- Las mezclas con mayor proporción de PA presentan dominancia temprana de atributos florales (rosa y geranio), cítricos y frutales (uva, manzana y dulce) durante las fases de aroma, sabor y sabor residual evaluadas mediante TDS. En contraste, las mezclas con mayor proporción de PNA muestran mayor persistencia de atributos amaderados, herbáceos, astringentes y amargos en el sabor residual.
- Las mezclas de Pisco con mayor proporción de PA obtienen valores de aceptación significativamente mayores que las mezclas

con mayor proporción de PNA, evaluadas mediante una escala hedónica de nueve puntos y los DTA muestran que atributos como dulce, floral y frutal incrementan la aceptación, mientras que atributos como ácido, amargo y astringente la reducen.

- Los compuestos volátiles con mayor importancia de la variable en la proyección en las mezclas con mayor proporción de PA, como linalool, citronelol y geraniol, se relacionan con la dominancia de atributos florales y frutales y con una mayor aceptación sensorial, mientras que los compuestos asociados a las mezclas con mayor proporción de PNA se relacionan con la persistencia de atributos amargos y astringentes y con una menor aceptación sensorial.

1.6. Variables

1.6.1. *Variables independientes*

- Niveles de mezclas de PA (Italia) y PNA (Negra Criolla), expresados en proporción volumétrica

1.6.2. *Variables dependientes*

- Composición de compuestos volátiles, por GC–MS/O
- Perfil sensorial dinámico, TDS - aroma
- Perfil sensorial dinámico, TDS - sabor
- Perfil sensorial dinámico, TDS - sabor residual
- Aceptación sensorial, evaluada a través del grado de agrado, utilizando una escala hedónica de nueve puntos (1-9)

1.6.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

Variable	Dimensión	Nivel	Unidad	Instrumento
Independiente	Combinación de Pisco aromático (PA) y no aromático (PNA)	100 PA – 0 PNA 75 PA – 25 PNA 50 PA – 50 PNA 25 PA – 75 PNA 0 PA – 100 PNA	%	-
Dependiente	Composición de compuestos orgánicos volátiles	Alcoholes, ésteres, aldehídos, ácidos, terpenos	% de área	GC–MS
	Familias sensoriales	Frutales, florales, herbales, especiados	MF (%)	GC–O
	Perfil sensorial dinámico aroma	Atributos dominantes en el tiempo	Tasa de dominancia (%)	TDS – aroma
	Perfil sensorial dinámico sabor	Atributos dominantes en el tiempo	Tasa de dominancia (%)	TDS – sabor
	Perfil sensorial dinámico sabor residual	Atributos dominantes en el tiempo	Tasa de dominancia (%)	TDS – sabor residual
	Aceptación sensorial	Grado de agrado	Escala 1–9	Escala hedónica de 9 puntos

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Cacho et al. (2012) realizaron una caracterización detallada de los compuestos volátiles presentes en Piscos de las variedades Italia, Quebranta y Torontel mediante técnicas combinadas de SPME y GC–MS/O. Identificaron un total de 22 compuestos con impacto olfativo relevante, entre los que destacaron alcoholes superiores, ésteres y terpenos, siendo el linalool (35–46 µg/L) y la beta-damascenona (2,1–3,8 µg/L) los que aportaron la mayor contribución al perfil aromático. Se observó que las concentraciones de estos compuestos diferían significativamente entre variedades, lo que sugiere que el material genético de la uva es determinante en la conformación del perfil sensorial. Este hallazgo constituye el fundamento químico para comparar las variedades Italia y Negra Criolla en el presente estudio.

Cacho et al. (2013a) ampliaron el análisis de Piscos elaborados con uvas de la costa sur del Perú, identificando hasta 30 compuestos odorantes clave. Encontraron que la variedad Italia presentó niveles más altos de terpenos libres, mientras que la Quebranta se caracterizó por concentraciones más altas de alcoholes superiores y de ácidos grasos volátiles. Entre los compuestos identificados, el beta-feniletanol alcanzó valores de hasta 72 mg/L y el acetato de beta-feniletilo, de 13 mg/L, mientras que el geraniol y el nerol fueron marcadores diferenciales de las muestras aromáticas. El estudio remarcó la importancia de correlacionar los resultados químicos con evaluaciones sensoriales, aspecto poco explorado en la literatura sobre Pisco y que la presente investigación busca atender mediante la integración de GC–MS/O con metodologías sensoriales dinámicas.

Moncayo et al. (2014) identificaron hasta 187 compuestos volátiles en Piscos peruanos mediante GC–MS, los cuales se agruparon en alcoholes (25 %), ésteres (30–40 %), aldehídos y cetonas (13 %), ácidos (11 %) y terpenos (10 %). En el análisis olfatométrico, se destacaron como odorantes dominantes el linalool (más del 70 % de frecuencia de detección), la 2,3-pentanodiona (más del 60 %) y el etil octanoato (más del 55 %), los cuales

se relacionaron directamente con descriptores florales, frutales y dulces. Se observó que la percepción sensorial dependía no solo de la concentración absoluta, sino también de las interacciones entre compuestos, lo que evidenció la necesidad de estudios complementarios de carácter olfatométrico y de evaluación sensorial dinámica, especialmente en mezclas de variedades aromáticas y no aromáticas.

Napa-Almeyda et al. (2023) caracterizaron los compuestos volátiles en Piscos de las variedades Italia y Negra Criolla, identificando que la primera presentó concentraciones significativamente mayores de terpenos, en particular linalool, citronelol, alfa-terpineol y geraniol. Además, observaron que el empleo de fermentaciones mixtas con levaduras no-Saccharomyces permitió incrementar los niveles de citronelol (15,1 µg/L) y nerol (18,6 µg/L), potenciando el carácter floral del destilado. Estos hallazgos son especialmente relevantes para la presente investigación porque documentan el contraste químico entre las dos variedades estudiadas, pero no abordan cómo dicho contraste se manifiesta en la percepción dinámica ni en la aceptación del consumidor cuando ambas variedades se mezclan en distintas proporciones.

He et al. (2021) aplicaron TDS en la evaluación sensorial dinámica del baijiu chino, demostrando que esta metodología permite discriminar formulaciones y caracterizar la evolución temporal de atributos como ardor, frutales y especiados durante la degustación, información que no puede obtenerse mediante metodologías estáticas. Complementariamente, Thomas et al. (2014) propusieron y validaron el método DTA como extensión del TDS, demostrando que es posible identificar qué atributos sensoriales, en qué momento exacto de la degustación, favorecen o reducen el agrado del consumidor. Su aplicación en Vinos y bebidas fermentadas mostró que atributos como la acidez y el amargor tenían efectos negativos sobre el agrado en fases tardías, mientras que los atributos frutales y florales actuaban como determinantes positivos en las fases iniciales. Pineau & Schlich (2023) ampliaron y sistematizaron la aplicación conjunta de TDS y DTA en cervezas, sidras y Vinos, validando su capacidad para discriminar

formulaciones y explicar las preferencias del consumidor con mayor precisión que las pruebas hedónicas convencionales. Estos tres estudios constituyen el antecedente metodológico directo de la presente investigación, dado que validan el uso integrado de TDS, aceptación sensorial y DTA en bebidas de perfil complejo y respaldan su aplicación por primera vez al Pisco peruano.

Saldaña et al. (2025) realizaron una revisión sistemática de los estudios sobre Pisco publicados en los últimos veinte años, señalando que, si bien existe abundante información química y tecnológica, persisten vacíos en la correlación entre compuestos volátiles y la percepción sensorial directa de los consumidores. Esta limitación refleja la necesidad de investigaciones que integren técnicas analíticas avanzadas, como GC–MS/O, con metodologías de evaluación sensorial dinámicas, como TDS y DTA, para obtener una comprensión más completa del perfil aromático del Pisco y de su aceptación en el mercado. La presente investigación aborda directamente esta brecha, aplicando por primera vez esta integración metodológica al estudio de mezclas PA/PNA en el contexto productivo de Moquegua.

2.2. Bases teóricas sobre el trabajo de investigación

2.2.1. Pisco

El Pisco es una bebida alcohólica destilada elaborada a partir del mosto fresco de uvas fermentadas, libre de otros ingredientes y sin someterse a procesos de añejamiento, lo que lo convierte en un destilado puro que preserva los aromas y sabores naturales de la uva (Palma, et al., 2025). Su denominación proviene del antiguo puerto de Pisco, situado en la costa sur del Perú, donde se desarrollaron las primeras actividades comerciales de esta bebida durante la época colonial. Desde el siglo XVI, la destilación de Vino se convirtió en una práctica común en las haciendas vitivinícolas del sur del Perú y el Pisco ha tenido un profundo impacto en la identidad cultural y económica del país (Menevseoglu et al., 2021). Desde 1991, cuenta con protección legal mediante una Denominación de Origen reconocida oficialmente por Indecopi, que delimita las condiciones geográficas y técnicas de su elaboración: solo puede producirse a partir de

ocho variedades específicas de uvas pisqueras cultivadas y destiladas exclusivamente en Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna, tal como se muestra en la Figura 1 (Indecopi, 2012).

Figura 1

Principales regiones productoras de Pisco en el Perú



Nota. El color celeste indica las regiones del litoral peruano autorizadas para la producción de Pisco con Denominación de Origen. Adaptado de Indecopi (2012).

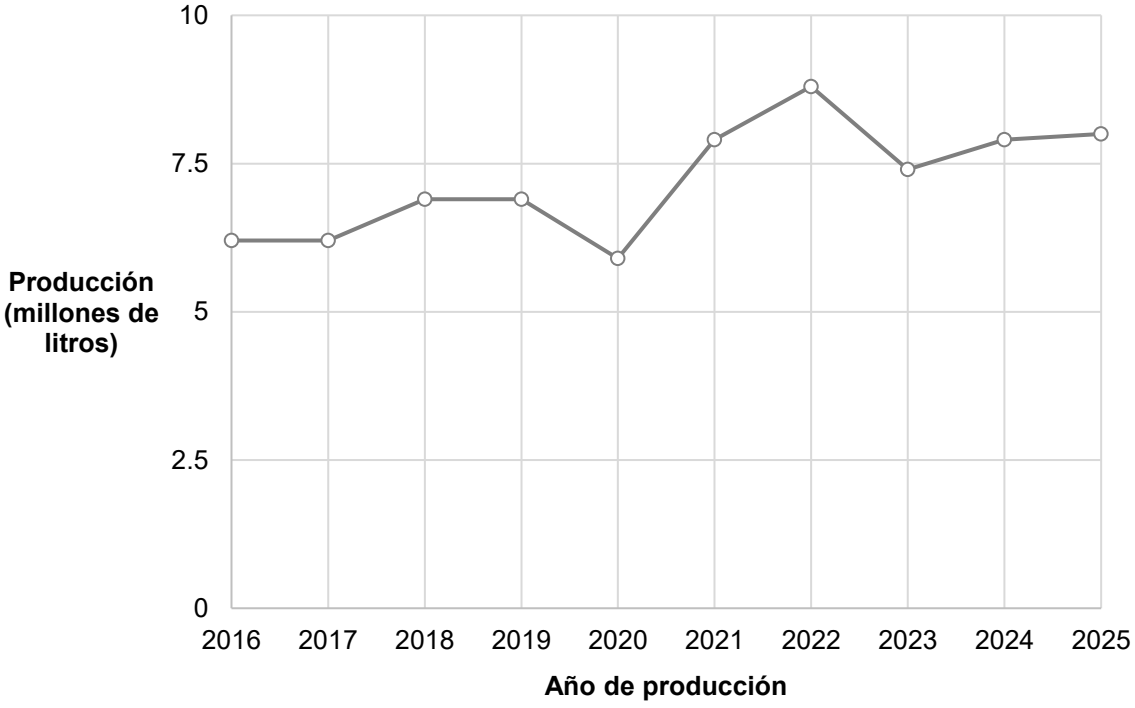
2.2.2. Producción de Pisco

Según PRODUCE, (2026), la producción de Pisco ha evidenciado una tendencia variable en los últimos años, tal como se muestra en la Figura 2. Tras la caída registrada en 2020 por los efectos de la pandemia, de 5,9 millones de litros, el sector mostró una recuperación sostenida y alcanzó su

pico máximo en 2022, con 8,8 millones de litros. Sin embargo, en 2023 la producción se vio afectada por condiciones climáticas adversas y cayó un 13,5 %, hasta 7,6 millones de litros. En 2024, la producción registró 7,8 millones de litros, lo que representó un incremento del 3,3 % respecto al año anterior, impulsado por la recuperación del consumo interno. Para 2025, la producción habría alcanzado 7,9 millones de litros, lo que representaría un ligero aumento del 0,3 % respecto al año anterior, impulsado por el dinamismo de las exportaciones (PRODUCE, 2026).

Figura 2

Producción anual de Pisco en el Perú (2016 - 2025)



Nota. Adaptado de: PRODUCE (2026).

En cuanto a la distribución geográfica, el 44,4 % de las empresas productoras formales se concentran en Ica, seguidas de Lima (40,8 %), Arequipa (10,1 %), Moquegua (2,7 %) y Tacna (2,1 %) (PRODUCE, 2026).

2.2.3. Exportación de Pisco

En los últimos años, el Pisco ha fortalecido su presencia en los mercados internacionales, posicionándose como un producto de exportación emblemático del Perú. Entre 2020 y 2024, las exportaciones peruanas de Pisco crecieron en promedio anual de 20,7 %, impulsadas principalmente por el incremento registrado en 2022, cuando los envíos aumentaron 45,1 % respecto al año anterior (CIEN-ADEX, 2025). En 2024, las exportaciones alcanzaron 8,4 millones de dólares, con una ligera disminución interanual de 9,5 % asociada a la menor demanda de España y Japón. Según el tipo de elaboración, el Pisco puro concentró el 32,5 % del valor exportado, seguido por el acholado con 24,5 % y el mosto verde con 15,2 %, lo que evidencia la relevancia comercial del acholado como segunda categoría de exportación (CIEN-ADEX, 2025). Los principales destinos fueron América del Norte, con 41,3 %, Europa, con 34,5 %, y Asia, con 13,7 % del valor total exportado.

2.2.4. Clasificación del Pisco

Según la NTP 211.001 (Indecopi, 2006), el Pisco se clasifica en tres tipos en función de la materia prima y el proceso de elaboración. El Pisco puro se obtiene exclusivamente a partir de una sola variedad de uva pisquera, aromática o no aromática, preservando el perfil volátil característico de esa variedad sin interferencia de otras. El Pisco mosto verde se elabora mediante la destilación de mostos frescos con fermentación incompleta, lo que implica la presencia de azúcares residuales al momento de la destilación, confiriéndole mayor complejidad aromática, ligero dulzor, cuerpo y una textura aterciopelada en boca que lo distingue de los demás tipos. El Pisco acholado se obtiene de la mezcla de uvas, mostos o destilados de variedades aromáticas y/o no aromáticas en cualquier combinación proporcional (Indecopi, 2006).

Desde el punto de vista sensorial, la NTP 211.001 establece que el Pisco acholado debe presentar un perfil olfativo intenso que recuerde ligeramente a la materia prima de procedencia, con notas de frutas maduras y sobremaduras, de carácter muy fino y con estructura y equilibrio, tal como

se detalla en la Tabla 3 (Indecopi, 2012). Estos criterios normativos varían según el tipo de Pisco, siendo el acholado el que presenta características intermedias entre el puro aromático y el puro no aromático, lo que refleja la naturaleza combinada de su materia prima. La proporción entre variedades aromáticas y no aromáticas utilizada en su elaboración determina en qué medida el perfil sensorial del Pisco acholado se aproxima a los atributos característicos de cada extremo varietal, lo que convierte al acholado en una categoría de especial interés para el estudio de las interacciones entre compuestos volátiles de distinto origen (Cacho et al., 2012; Napa-Almeyda et al., 2023).

2.2.5. Requisitos organolépticos del Pisco

La NTP 211.001 (Indecopi, 2012) establece los criterios organolépticos que el Pisco debe cumplir para garantizar la calidad sensorial del producto. Estos criterios incluyen cualidades visuales, olfativas y gustativas que permiten evaluar su autenticidad y sirven como marco de referencia para estandarizar los procesos de control de calidad, orientando tanto a productores como a catadores en la validación del destilado, tal como se presenta en la Tabla 2. La norma distingue los requisitos según el tipo de Pisco. El Pisco puro aromático presenta un olor intenso, con atributos de frutas maduras y un perfume fino; el Pisco puro no aromático exhibe un perfil más neutro y limpio; y el acholado muestra una alta intensidad olfativa, con un recuerdo ligero a la materia prima y una estructura equilibrada (Indecopi, 2012).

Tabla 2

Requisitos organolépticos del Pisco

Descripción	Pisco puro: de uvas no aromáticas	Pisco puro: de uvas aromáticas	Pisco acholado	Pisco mosto verde
Aspecto	Claro, limpio y con brillo	Claro, limpio y con brillo	Claro, limpio y con brillo	Claro, limpio y con brillo
Color	Incoloro	Incoloro	Incoloro	Incoloro
Olor	Ligeramente alcoholizado, no predomina el aroma a la materia prima de la cual procede, limpio, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, recuerda a la materia prima de la cual procede, frutas maduras o sobre maduras, intenso, amplio, perfume fino, estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, intenso, recuerda ligeramente a la materia prima de la cual procede, frutas maduras y sobre maduras, muy fino, estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, intenso, no predomina el aroma a la materia prima de procedencia o puede recordar ligeramente a la materia prima de procedencia, ligeras frutas maduras o sobre maduras, muy fino, delicado, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.
Sabor	Ligeramente alcoholizado, ligero sabor, no predomina el sabor a la materia prima de la cual procede, limpio, con estructura equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, sabor que recuerda a la materia prima del cual procede, intenso, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, ligero sabor que recuerda ligeramente a la materia prima de la cual procede, intenso, muy fino, con estructura y equilibrio, exento de cualquier extraño.	Ligeramente alcoholizado, no predomina el sabor a la materia prima de la cual procede o puede recordar ligeramente a la materia prima de la cual procede, muy fino y delicado, aterciopelado, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.

Nota. Adaptado con base en: Indecopi (2012).

2.2.6. Proceso de elaboración de Pisco

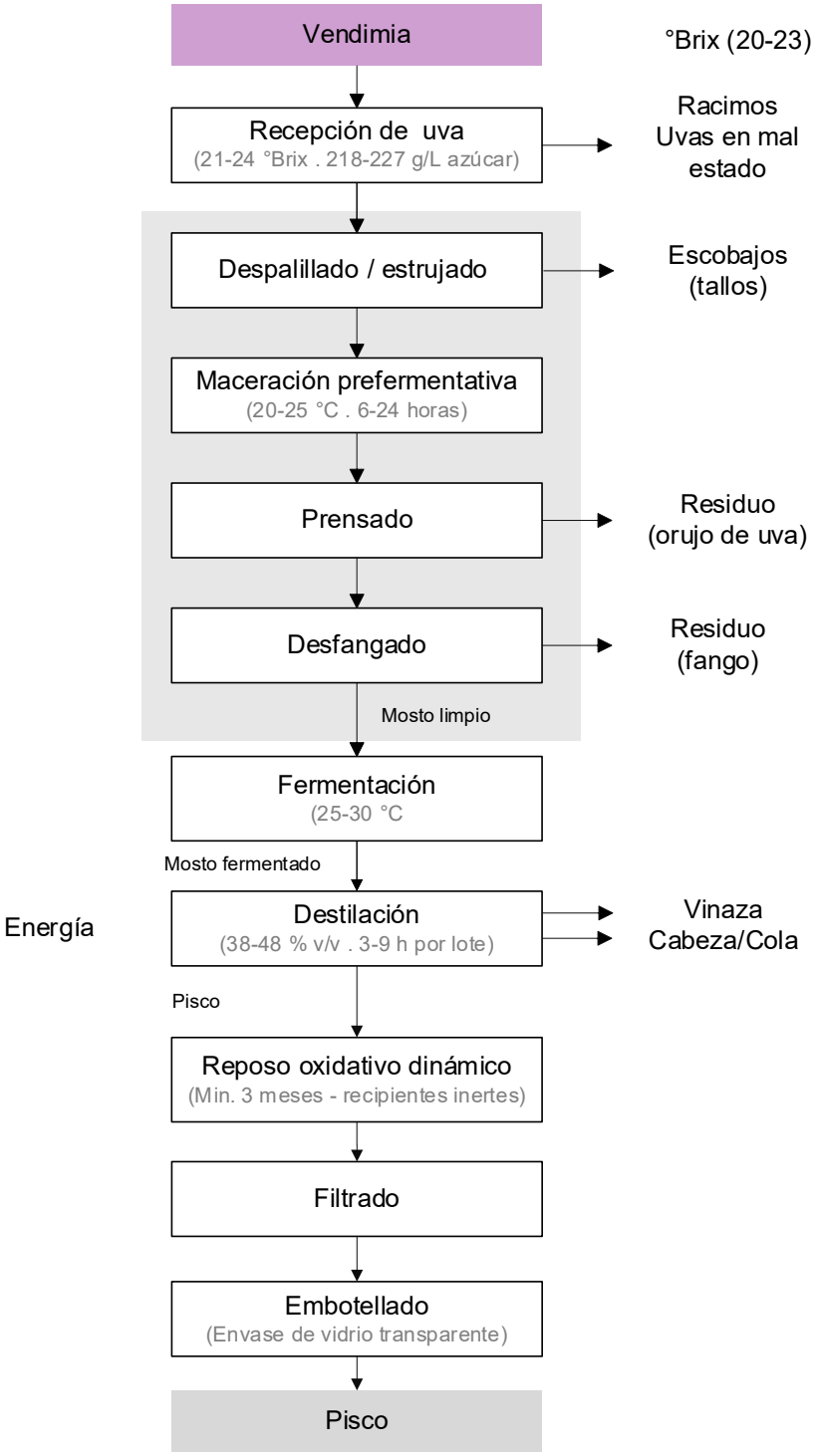
El Pisco se obtiene mediante la destilación de mostos frescos fermentados de uvas pisqueras, siguiendo un proceso regulado por la NTP 211.001 que comprende las etapas de vendimia, recepción, despalillado, maceración prefermentativa, prensado, fermentación, destilación, reposo y embotellado, tal como se muestra en la Figura 3 (Indecopi, 2006). La maceración prefermentativa, realizada entre 25 y 30 °C durante 6 a 24 horas, favorece la extracción de precursores aromáticos varietales presentes en la piel de la uva, especialmente terpenos libres y glucosídicos en variedades aromáticas como Italia (Harrison et al., 2011; Palma et al., 2025). La fermentación alcohólica se lleva a cabo entre 18 y 25 °C utilizando levaduras de *Saccharomyces*, generando alcoholes superiores, ésteres y ácidos que complementan el perfil volátil, aunque también producen compuestos sulfurados como el dimetil trisulfuro, que puede influir negativamente en el aroma si no se controla adecuadamente (Harrison et al., 2011).

La destilación en alambiques de cobre, realizada sin corrección de la graduación alcohólica final entre 38 y 48 % v/v y con una duración aproximada de 3 a 9 h por lote, elimina estos compuestos indeseables y favorece la formación de ésteres frutales y florales que enriquecen el perfil aromático del destilado (Cacho et al., 2012; Harrison et al., 2011). El reposo mínimo de tres meses en recipientes inertes estabiliza los compuestos volátiles y el perfil sensorial sin alterar la composición del destilado, prohibiéndose el uso de barricas de madera (Caldeira et al., 2021; Indecopi, 2012).

La composición volátil resultante depende en gran medida de la variedad de uva utilizada, aspecto que se desarrolla en secciones posteriores.

Figura 3

Diagrama de flujo de elaboración de Pisco



Nota. Principales etapas del proceso de elaboración del Pisco, según los requisitos técnicos de la NTP 211.001 (Indecopi, 2006).

2.2.7. *Variedad de uvas pisqueras*

Según Indecopi (2012), el Pisco debe elaborarse exclusivamente con variedades de la especie *Vitis vinifera* L., denominadas uvas pisqueras, clasificadas en dos grupos. Las variedades aromáticas Italia, Moscatel, Albilla y Torontel se distinguen por su elevado contenido de monoterpenos, como linalool, geraniol y nerol, y de ésteres frutales, como acetato de isoamilo y acetato de hexilo, responsables de aromas florales, frutales y cítricos (Cacho et al., 2012). Entre ellas, la variedad Italia destaca por las mayores concentraciones de terpineol y nerol, mientras que el Moscatel se distingue por concentraciones más altas de octanoato de etilo y el Torontel por la presencia de norisoprenoides como la beta-damascenona, asociada a los atributos de manzana y frutos rojos (Cacho et al., 2013b; Moncayo Martínez et al., 2013).

Las variedades no aromáticas, Quebranta, Negra Criolla, Mollar y Uvina, presentan perfiles más neutros, con menor presencia de terpenos, y predominan alcoholes superiores como 1-propanol, alcohol isoamílico y alcohol feniletílico, que aportan aromas a miel, pan y frutos secos (Cacho et al., 2013b). La Quebranta se destaca por su elegancia en boca y su sutileza olfativa, siendo la variedad no aromática más representativa de la producción nacional (Cacho et al., 2013b). En particular, la variedad Negra Criolla presenta compuestos como el alcohol fenetílico y el acetato de 2-feniletilo, vinculados a sutiles notas florales y herbales en concentraciones moderadas, que contribuyen a una mayor sensación de cuerpo en boca (Napa-Almeyda et al., 2023). Esta diversidad varietal determina el contraste en los perfiles aromáticos entre variedades aromáticas y no aromáticas del Pisco.

La Tabla 3 presenta una síntesis de los principales compuestos identificados en cada variedad, organizados por familia química y descriptor sensorial, mientras que la Tabla 4 resume los compuestos según su origen en el proceso de elaboración, diferenciando los generados durante la fermentación de los concentrados durante la destilación (Moncayo et al., 2014).

Tabla 3

Compuestos aromáticos presentes en el Pisco según la variedad de uva

Variedad de uva	Familia de compuestos	Compuestos característicos	Aromas asociados	Fuente
VARIEDADES AROMÁTICAS				
Italia	Terpenos	Linalool, geraniol, β-citronelol, nerol	Floral, cítrico	Cacho et al. (2012)
	Norisoprenoides	β-damascenona	Frutal	Cacho et al. (2012)
Moscatel	Terpenos	Geraniol, hotrienol, linalool	Floral, cítrico	Moncayo Martínez et al. (2013)
Torontel	Lactonas	γ-decalactona	Frutal (durazno, coco)	Cacho et al. (2013b)
Albilla	Fenoles volátiles	4-etilfenol, 4-vinilfenol, 4-vinilguaiacol	Especiado, fenólico	Cacho et al. (2013b)
VARIEDADES NO AROMÁTICAS				
Quebranta	Alcoholes / Ésteres	β-fenetanol, β-fenetil acetato, fenilacetaldehído	Floral, dulce	Cacho et al. (2013b)
Negra Criolla	Alcoholes aromáticos	Alcohol feniletílico	Floral, rosas	Napa-Almeyda et al. (2023)
	Lactonas	γ-decalactona	Frutal	Cacho et al. (2013b)
Mollar	Ésteres	β-fenetil acetato	Frutal, dulce	Cacho et al. (2013b)
Uvina	Fenoles / Ésteres	Guaiacol, etil decanoato, etil cinamato, 4-etilfenol	Ahumado, frutal	Cacho et al. (2013b)

Tabla 4

Compuestos aromáticos presentes en el Pisco según origen del aroma

Etapa	Familia de compuestos	Compuesto característico	Aroma asociado	Fuente
Fermentación	Alcoholes superiores	Alcohol isoamílico	Frutal, fermentativo	(Cacho et al., 2013a)
Fermentación	Alcoholes aromáticos	2-feniletanol	Floral (rosa)	(Bordeu et al., 2012)
Fermentación	Ésteres	Acetato de etilo	Frutal (manzana, pera)	(Moncayo Martínez et al., 2013)
Fermentación	Ácidos grasos volátiles	Ácido hexanoico	Verde, herbáceo	(Bordeu et al., 2012)
Destilación	Compuestos fenólicos	Guayacol	Ahumado, medicinal	(Moncayo Martínez et al., 2013)
Destilación	Terpenos (transferidos)	Linalol	Floral, cítrico (limón)	(Moncayo Martínez et al., 2013)
Destilación	Norisoprenoides	β-damascenona	Frutal (manzana, damasco)	(Cacho et al., 2013b)

2.2.8. Compuestos aromáticos

Los compuestos aromáticos son sustancias químicas orgánicas caracterizadas por presentar estructuras cíclicas estables, generalmente constituidas por uno o más anillos aromáticos con electrones π deslocalizados, siendo el anillo bencénico la estructura más representativa de este grupo (Berger, 2009; Bicas et al., 2010). Desde el punto de vista químico, el término “aromático” no implica necesariamente la presencia de un olor agradable, ya que no todos los compuestos aromáticos poseen propiedades odoríferas perceptibles y agradables; únicamente aquellos que pueden ser detectados por el sistema olfativo humano contribuyen al perfil aromático de un producto (Berger, 2009).

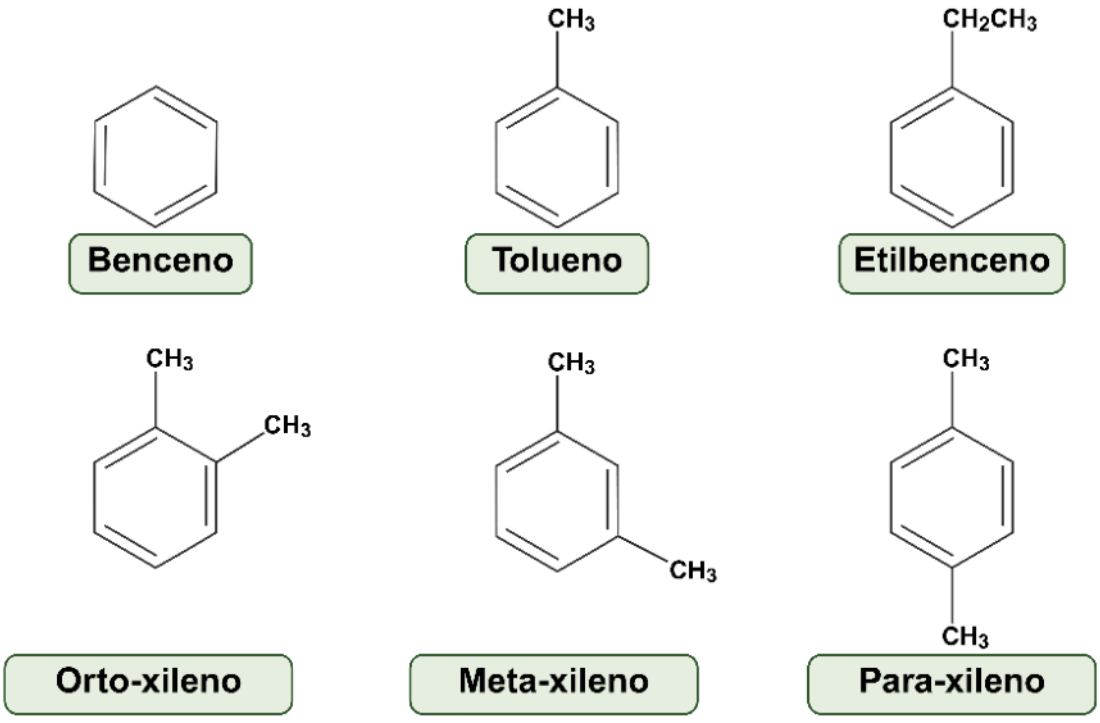
Dentro de esta categoría se incluyen los hidrocarburos aromáticos, formados exclusivamente por átomos de carbono e hidrógeno. Entre los compuestos monoaromáticos más conocidos se encuentran el benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos, agrupados comúnmente bajo la denominación BTEX, cuya estructura general y clasificación se presentan en la Figura 4 (Bicas et al. 2010). Estos compuestos constituyen una base estructural

importante para comprender la diversidad de moléculas aromáticas presentes en distintos sistemas alimentarios y bebidas.

Desde una perspectiva sensorial, los compuestos aromáticos adquieren especial relevancia, ya que muchas de estas moléculas actúan como responsables directos del aroma y del sabor, influyendo de manera significativa en la percepción sensorial y en la aceptación del consumidor (Stone et al. 2020). En este contexto, los compuestos odoríferos pueden pertenecer a diversas familias químicas, tales como hidrocarburos, aldehídos, alcoholes, cetonas, ésteres y lactonas, cuya clasificación según su estructura química se muestra en la Figura 5 (Bicas et al. 2010). La identificación y comprensión de estos compuestos resultan fundamentales para el análisis del perfil aromático de bebidas destiladas como el Pisco, así como para su posterior caracterización instrumental y sensorial.

Figura 4

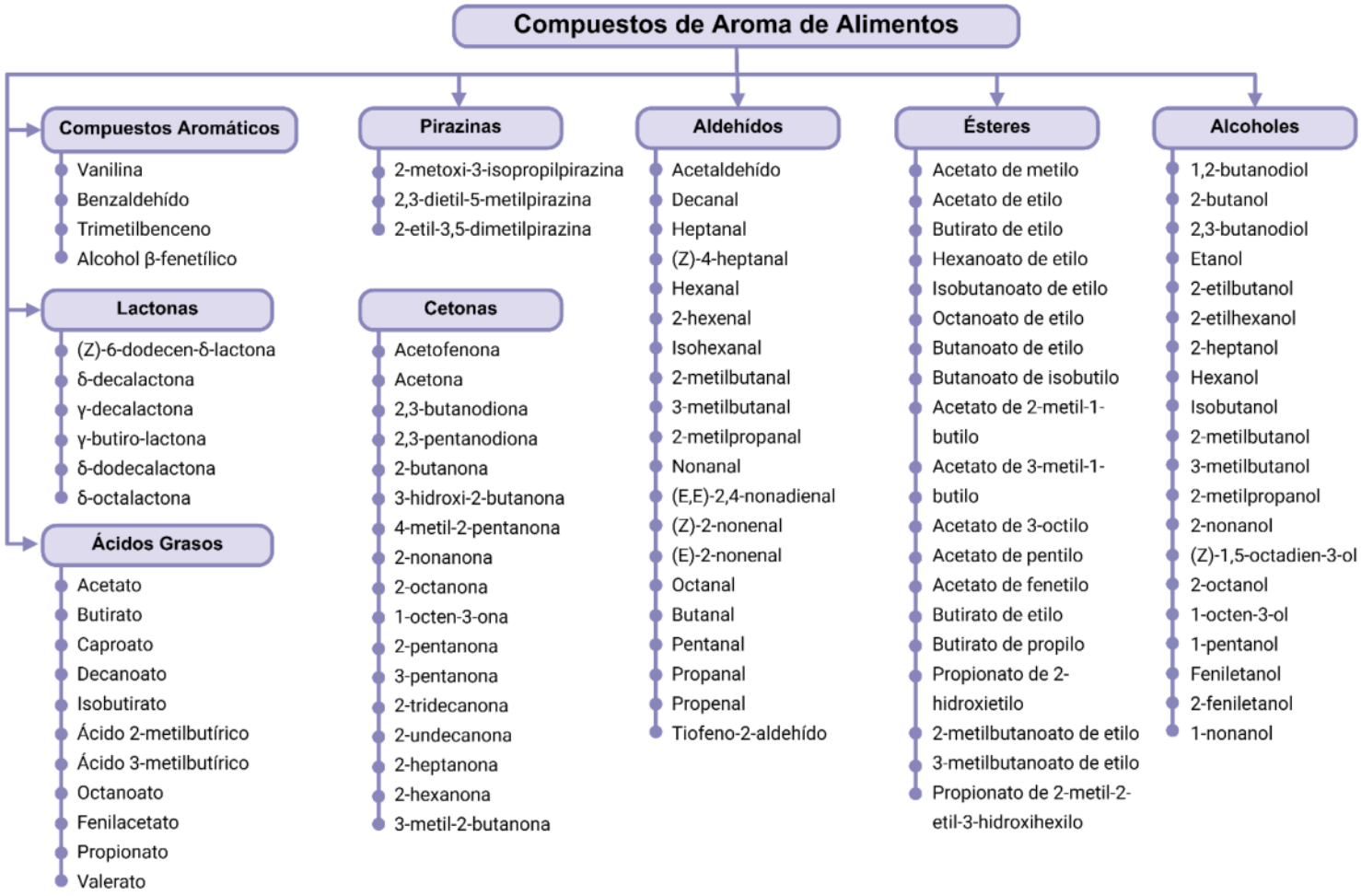
Estructura de los compuestos BTEX



Nota. Adaptado de Berger (2009).

Figura 5

Clasificación estructural química de los compuestos del sabor



Nota. Adaptado de: Berger (2009).

2.2.9. *Compuestos volátiles del Pisco*

Los compuestos orgánicos volátiles son sustancias químicas orgánicas de bajo peso molecular, caracterizadas por su alta presión de vapor, lo que les permite evaporarse fácilmente a temperatura ambiente y pasar a la fase gaseosa, siendo percibidos principalmente a través del olfato (Petre et al., 2024). Desde el enfoque de la química y la ciencia de los alimentos, estos compuestos constituyen la fracción responsable del aroma, y su presencia y concentración influyen de manera determinante en el perfil sensorial de alimentos y bebidas alcohólicas (Spence, 2021).

Estos compuestos se originan principalmente durante la fermentación alcohólica, como resultado del metabolismo microbiano, aunque también se generan, transforman o concentran en etapas posteriores del proceso productivo, particularmente durante la destilación, donde las condiciones de temperatura y de separación influyen directamente en el perfil volátil final del destilado (Cacho et al. 2012).

En el caso del Pisco, su perfil volátil depende de múltiples factores, entre ellos la variedad de uva utilizada, la composición del mosto, el tipo de levadura empleada, la temperatura de fermentación y las condiciones específicas del proceso de destilación (Napa-Almeyda et al. 2023; Palma, et al. 2025). Estas variables determinan tanto la concentración como la diversidad de compuestos volátiles presentes en el destilado final.

Diversos estudios demuestran que entre los principales grupos de compuestos volátiles presentes en el Pisco se encuentran:

Alcoholes superiores: como el 3-metil-1-butanol (isoamílico), el 2-metil-1-butanol, el isobutanol y el propanol, que aportan cuerpo y notas alcohólicas características. Su formación está ligada al metabolismo de los aminoácidos durante la fermentación (Cacho et al., 2012).

Ésteres y acetatos: como el acetato de etilo y el acetato de isoamilo, que son responsables de aromas frutales y dulces. Estos compuestos se forman mediante la reacción entre alcoholes y ácidos orgánicos, catalizada por enzimas de la levadura (Moncayo Martínez et al., 2013).

Ácidos volátiles: particularmente el ácido acético, que, en concentraciones moderadas, puede aportar complejidad al perfil sensorial, aunque en exceso resulta indeseable (Moncayo Martínez et al. 2013).

Aldehídos: compuestos orgánicos que contienen el grupo funcional –CHO, producidos durante la fermentación alcohólica por oxidación parcial de alcoholes. El acetaldehído es el más representativo en destilados; en pequeñas cantidades contribuye a la frescura aromática, pero puede asociarse con defectos sensoriales si se encuentra en niveles elevados (Cacho et al., 2012).

El perfil de compuestos volátiles del Pisco es distintivo frente a otros destilados, no solo por la materia prima empleada (uvas aromáticas y no aromáticas), sino también por la técnica de destilación en alambique discontinuo y sin procesos de añejamiento, lo que permite conservar compuestos frescos y frutales que se transformarían o se perderían en otros métodos (Cacho et al. 2013b).

2.2.10. Estímulos químicos responsables del perfil sensorial del Pisco

El perfil sensorial del Pisco es el resultado de la interacción de múltiples estímulos químicos que activan principalmente el olfato, el gusto y el sistema trigeminal. Estos estímulos se originan en compuestos, tanto volátiles como no volátiles, generados durante la fermentación y la destilación, que determinan las percepciones aromáticas, gustativas y quimioestésicas características del destilado (Moncayo Martínez et al. 2013).

En el plano olfativo, los compuestos volátiles desempeñan un papel esencial. Terpenos como el linalool y el geraniol se asocian con atributos florales y cítricos; los ésteres, como el acetato de isoamilo, aportan matices frutales dulces; y los norisoprenoides, como la β-damascenona, se relacionan con notas de manzana. Estas moléculas explican una parte importante de la complejidad aromática del Pisco y contribuyen a diferenciar los destilados elaborados a partir de uvas aromáticas y no aromáticas (Cacho et al. 2012; Moncayo Martínez et al. 2013).

El gusto está influenciado por el etanol, los ácidos orgánicos y otros compuestos no volátiles presentes en el destilado. El etanol aporta calidez y puede modular la liberación de compuestos volátiles durante la degustación, mientras que los ácidos orgánicos contribuyen a la percepción de acidez y al equilibrio gustativo cuando se encuentran en niveles adecuados (Hatta-Sakoda et al. 2024).

Finalmente, la quimioestesia corresponde a las sensaciones trigeminales producidas por estímulos químicos, como ardor, picor, frescor o astringencia. En bebidas alcohólicas como el Pisco, este componente complementa las percepciones olfativas y gustativas, modulando la experiencia sensorial global del consumidor (McDonald et al. 2016).

2.2.11. Papel del gusto y olfato en el perfil sensorial del Pisco

El gusto y el olfato actúan de manera integrada en la construcción del perfil sensorial del Pisco. El gusto participa en la detección de sabores básicos como dulce, ácido y amargo, mientras que el olfato, tanto por vía ortonasal como retronasal, permite percibir los aromas varietales y fermentativos del destilado. Esta integración explica que la calidad sensorial no depende únicamente de la presencia de compuestos volátiles, sino también de cómo estos se liberan, interactúan con la matriz alcohólica y se perciben durante la degustación (Moncayo Martínez et al. 2013).

En este sentido, el análisis del perfil sensorial del Pisco requiere metodologías capaces de relacionar la composición química con la percepción humana. La cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y a olfatometría permite identificar compuestos volátiles y zonas odorantes relevantes, mientras que las metodologías sensoriales describen cómo estos estímulos se traducen en atributos percibidos por los evaluadores. Por ello, la combinación de herramientas instrumentales y sensoriales resulta necesaria para comprender de manera más completa la relación entre la composición química, el aroma, el sabor y la percepción global del Pisco (Cacho et al., 2012).

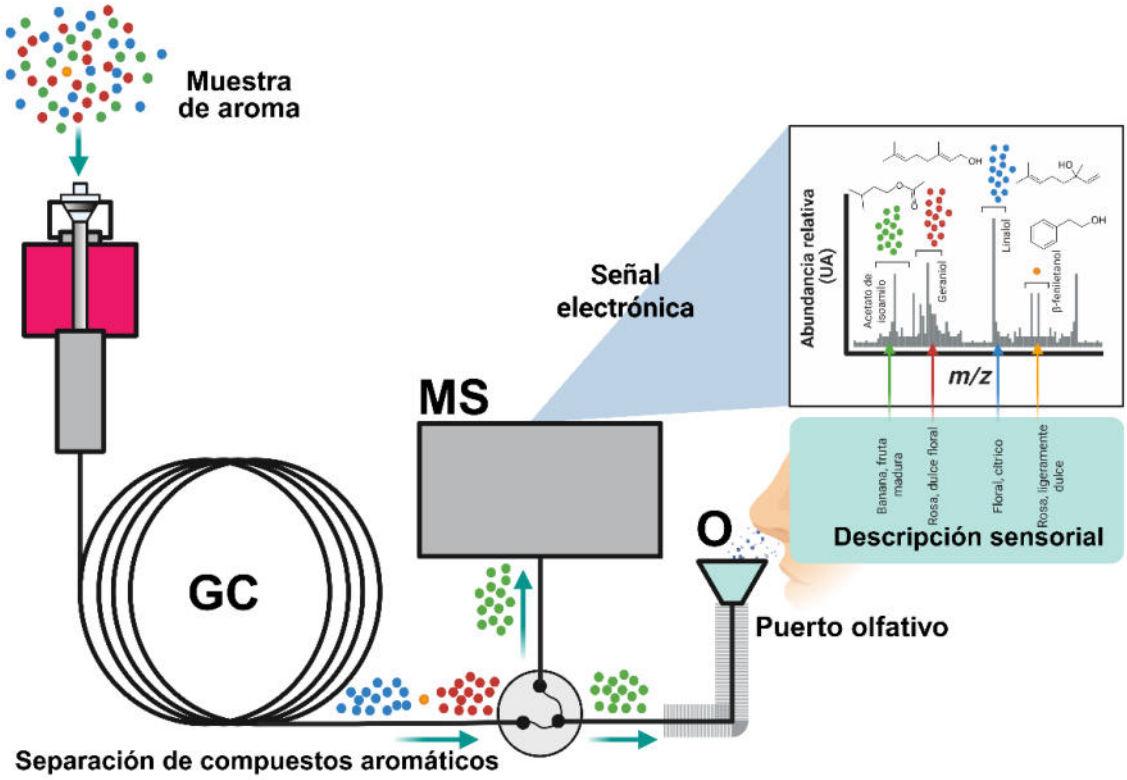
2.2.12. Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas con olfatometría

La GC–MS/O es una técnica instrumental-sensorial que permite analizar mezclas complejas de compuestos volátiles mediante la integración de tres componentes: la separación cromatográfica, que separa los compuestos según sus propiedades fisicoquímicas; la identificación instrumental mediante espectrometría de masas, que determina la estructura química de cada compuesto; y la percepción directa del olor por evaluadores entrenados a través de un puerto olfativo, por el cual los compuestos eluyen de la columna y son descritos sensorialmente en tiempo real. De este modo, la GC–MS/O no solo permite conocer qué compuestos están presentes en una muestra, sino también identificar cuáles contribuyen efectivamente al aroma percibido, incluso cuando se encuentran en concentraciones muy bajas pero con alto impacto sensorial (Zellner et al., 2008).

El procedimiento, esquematizado en la Figura 6, inicia con la extracción de los compuestos volátiles, comúnmente mediante microextracción en fase sólida (SPME, por sus siglas en inglés), aunque también pueden emplearse otros métodos de preparación de la muestra. Luego, la muestra se inyecta en el cromatógrafo de gases, donde los compuestos se separan según sus propiedades fisicoquímicas. Posteriormente, el flujo de salida se divide entre el detector instrumental, como la espectrometría de masas (MS) o el detector de ionización de llama (FID, por sus siglas en inglés), y el puerto olfativo. A medida que los compuestos llegan al puerto olfativo, los evaluadores registran el tiempo de percepción, la intensidad y el descriptor aromático correspondiente (Zellner et al., 2008).

Figura 6

Diagrama de la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y olfatometría (GC–MS/O)



El resultado del análisis se representa mediante un olfactograma, en el que se registran las zonas odorantes percibidas durante la corrida cromatográfica. Esta información permite identificar los compuestos o las regiones cromatográficas con actividad olfativa relevante. En estudios más detallados pueden aplicarse técnicas como el análisis de dilución de extracto aromático (AEDA, por sus siglas en inglés) o el análisis de mediciones combinadas de respuesta hedónica al aroma (CHARM, por sus siglas en inglés), que permiten jerarquizar los compuestos según su contribución aromática percibida (Ferreira, 2020). Estos enfoques son especialmente útiles en bebidas alcohólicas, donde la relevancia sensorial de un compuesto no depende únicamente de su concentración, sino también de su umbral olfativo y de sus interacciones con la matriz.

La GC–MS/O ha sido aplicada con éxito en la caracterización aromática del Pisco peruano. Los estudios de Cacho et al., (2012) emplearon esta técnica para identificar los compuestos odorantes de mayor impacto en variedades como Italia y Quebranta, revelando que compuestos como el linalool, la beta-damascenona y el geraniol presentan alta frecuencia de detección olfativa a pesar de encontrarse en concentraciones relativamente bajas. Este hallazgo evidencia que la simple cuantificación química no permite predecir el impacto real de un compuesto sobre el aroma percibido, lo que justifica el uso de la GC–MS/O como herramienta complementaria al análisis instrumental en el estudio de mezclas de variedades aromáticas y no aromáticas (Cacho et al., 2012; Moncayo et al., 2014). Por ello, la caracterización instrumental debe complementarse con metodologías de evaluación sensorial que permitan vincular la composición volátil con la experiencia perceptiva del consumidor, aspectos que se desarrollan en la siguiente sección.

2.2.13. *Análisis sensorial*

La evaluación sensorial constituye una disciplina científica orientada a evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones humanas frente a las características de los alimentos y materiales, tal como son percibidas mediante los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído (Stone et al., 2020). En ese sentido, el ser humano actúa como instrumento de medición, permitiendo caracterizar de manera sistemática las propiedades sensoriales de los productos en estudio (Thomas, 2016). Esta particularidad distingue a la evaluación sensorial de otras metodologías analíticas, debido a que integra la percepción humana como fuente primaria de información.

La importancia de la evaluación sensorial radica en que permite traducir las propiedades físicas, químicas y composicionales de un producto en respuestas perceptibles tanto por el consumidor como por un panel entrenado. Por ello, no se limita a describir si un producto presenta determinados compuestos o características instrumentales, sino que permite

establecer cómo dichas características son percibidas y valoradas durante la experiencia de consumo. En productos complejos como las bebidas alcohólicas, esta aproximación resulta especialmente relevante, debido a que el aroma, el sabor, la sensación de calidez y la persistencia pueden influir de manera conjunta en la aceptación sensorial.

Desde hace más de treinta años, la ciencia sensorial ha ampliado su campo de aplicación más allá de la industria alimentaria, incorporándose en ámbitos como la cosmética, la industria automotriz, los productos de higiene, el envasado y la ingeniería mecánica, así como, más recientemente, en la mueblería, los alimentos para mascotas, el textil y la publicidad (Thomas, 2016). Esta expansión evidencia que la percepción humana es un criterio fundamental para el diseño, la mejora y el posicionamiento de productos en diferentes sectores.

Asimismo, el uso de la información sensorial como soporte para la toma de decisiones estratégicas y de marketing ha cobrado una creciente relevancia, dado que este tipo de evaluación permite identificar y modelizar cuantitativamente los factores que influyen en la aceptación de un producto por parte del consumidor (Stone et al., 2021). En consecuencia, la evaluación sensorial no solo cumple una función descriptiva, sino también una función aplicada, ya que permite orientar la reformulación, la diferenciación, el control de calidad y el desarrollo de productos con mayor probabilidad de aceptación en el mercado.

2.2.14. *Métodos clásicos para la caracterización sensorial*

Los métodos clásicos de caracterización sensorial comprenden un conjunto de técnicas de medición con un amplio respaldo histórico en la industria y en la investigación científica. Estos métodos se agrupan en tres grandes categorías, cada una con objetivos específicos y participantes seleccionados según criterios particulares, lo que permite responder con precisión a distintas preguntas de investigación sensorial (Lawless & Heymann, 2010). En términos generales, estas metodologías permiten

determinar si existen diferencias entre productos, describir la naturaleza e intensidad de sus atributos o conocer el grado de aceptación por parte de los consumidores.

La elección del método sensorial depende del objetivo del estudio. Cuando se busca comprobar si dos productos son perceptiblemente diferentes, se emplean pruebas discriminativas; cuando se requiere describir los atributos que caracterizan un producto, se utilizan métodos descriptivos; y cuando el interés se centra en la preferencia o aceptación, se aplican pruebas afectivas o hedónicas. Esta clasificación permite seleccionar el diseño experimental, el tipo de panel y el análisis estadístico más adecuado para cada investigación sensorial (Lawless & Heymann, 2010).

En bebidas alcohólicas como el Pisco, los métodos sensoriales clásicos permiten evaluar diferencias entre formulaciones, variedades o condiciones de elaboración; sin embargo, ofrecen una visión puntual de la percepción y no explican completamente la evolución temporal de los atributos durante la degustación. Por ello, pueden complementarse con metodologías dinámicas cuando se busca comprender cómo cambian las sensaciones a lo largo del tiempo.

A continuación, se describen los principales métodos empleados.

a. Métodos discriminativos

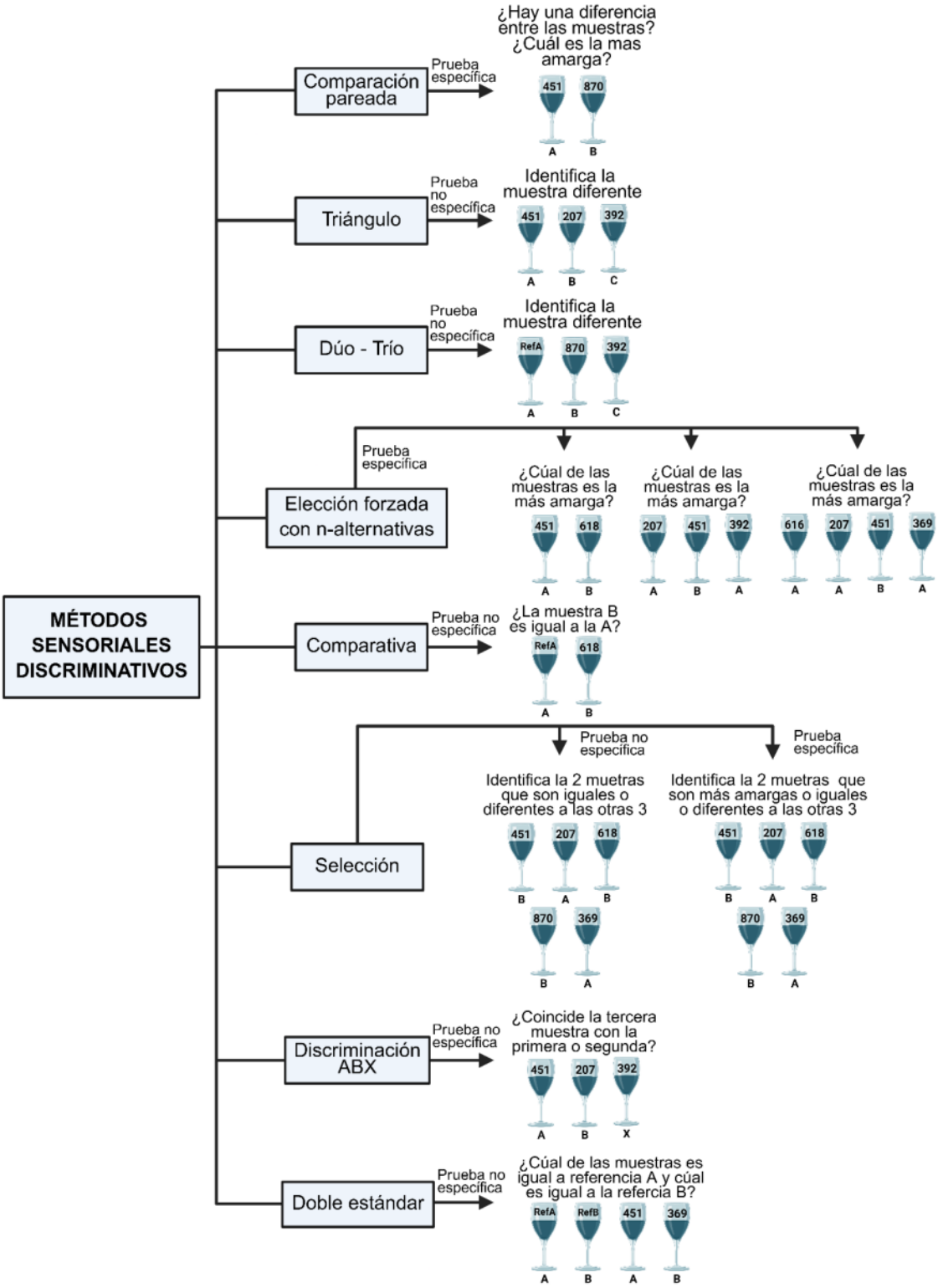
Los métodos sensoriales discriminativos están diseñados para determinar si existen diferencias perceptibles entre dos o más productos, constituyendo una herramienta fundamental en la evaluación sensorial aplicada a la industria alimentaria y bebidas (Heymann & Ebeler, 2016). Estas diferencias pueden originarse por la incorporación de nuevos ingredientes, modificaciones en la formulación o variaciones en las condiciones del proceso productivo; por el contrario, la ausencia de diferencias perceptibles permite validar la consistencia sensorial de un producto (Burns et al., 2018).

Dentro de esta categoría se incluyen diversas pruebas específicas y no específicas (Figura 7), entre las que destacan la comparación pareada, la prueba triangular, el dúo-trío y las pruebas de elección forzada, ampliamente utilizadas por su simplicidad, aplicabilidad y confiabilidad. Otros métodos, como el doble estándar, se emplean con menor frecuencia, aunque resultan pertinentes en contextos particulares. En conjunto, estos ensayos buscan establecer de manera objetiva si los productos presentan diferencias sensoriales perceptibles, información clave para comprender la calidad y aceptación del producto final (Stone et al., 2020).

Generalmente, una prueba discriminativa se realiza con 25 y 40 participantes, seleccionados por su agudeza sensorial y familiaridad con los procedimientos, lo que garantiza un tamaño de muestra adecuado para estimar diferencias significativas (Lawless & Heymann, 2010). Para obtener resultados confiables, estas pruebas deben realizarse en condiciones sensoriales controladas, ya que pequeñas variaciones en el entorno pueden sesgar la percepción. Contar con panelistas entrenados mejora notablemente la precisión en la detección de diferencias, consolidando los métodos discriminativos como herramientas indispensables para la formulación, la innovación y el aseguramiento de la calidad de los productos alimentarios.

Figura 7

Pruebas sensoriales discriminativas



Nota. Adaptado de: Lawless & Heymann, (2010); Rogers, (2017).

En parte, la popularidad de estas pruebas se debe a la sencillez en el análisis de datos; sin embargo, también presentan limitaciones asociadas a una simplificación excesiva. Estas limitaciones suelen deberse a la falta de comprensión de los fundamentos de las pruebas de discriminación, a la insuficiente valoración de criterios en la selección de evaluadores y a la confusión sobre qué método discriminativo resulta más adecuado según el objetivo de la investigación, además de problemas en la interpretación de los resultados (Stone et al., 2020). No obstante, estas pruebas permiten reportar diferencias entre productos, pero no explican el motivo sensorial de dichas diferencias, por lo que se propusieron los métodos descriptivos.

b. Métodos descriptivos

Estos métodos tienen como objetivo caracterizar y/o comparar muestras en función de la intensidad de una o más características específicas, evaluadas por jueces entrenados, como la apariencia, el aroma, el sabor, la textura o las propiedades acústicas (Lawless & Heymann, 2010; Penfield et al., 1990; Yang & Lee, 2019). Los jueces entrenados asumen un rol esencial en la homogeneización de la comunicación sensorial y en la descripción del producto mediante el desarrollo de léxico sensorial (Vilela et al., 2019).

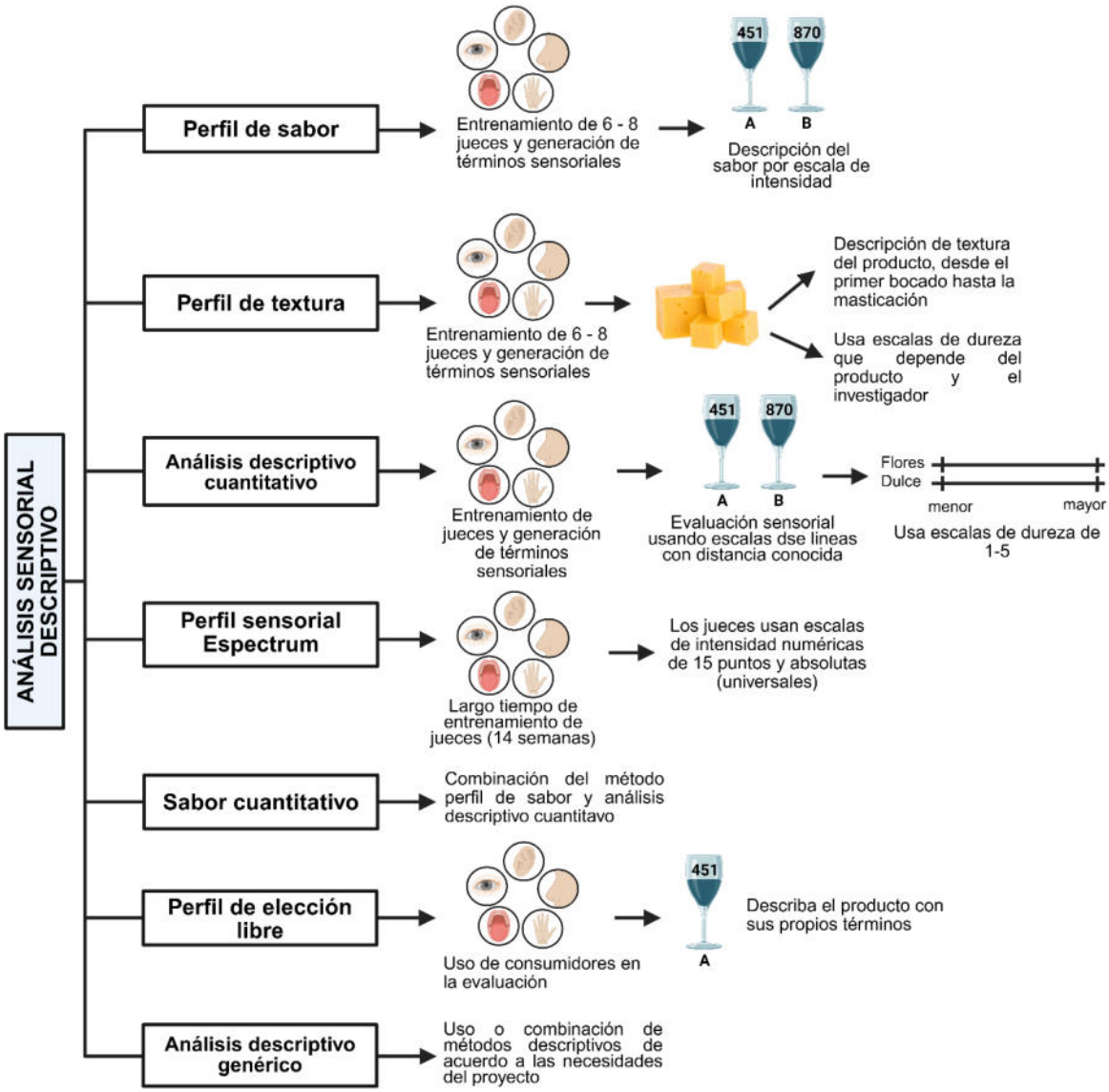
Las técnicas sensoriales descriptivas (Figura 8) han sido ampliamente usadas en la caracterización sensorial alimentos y bebidas contribuyendo al control de calidad, definiendo y cuantificando sensorialmente el alimento, así como el camino para la creación de nuevos productos, mejora, el efecto de un ingrediente o proceso, determinar vida útil de un producto, establecer la correlación entre el análisis instrumental y analítico y como herramienta para entender la preferencia de los consumidores (Škrobot et al., 2020).

Usualmente, entre 8 y 12 jueces entrenados se utilizan en una evaluación sensorial descriptiva, empleando una escala cuantitativa de intensidad que permite el análisis estadístico de los datos, sin solicitar respuestas hedónicas. Para lograr resultados confiables, es fundamental que estos jueces reciban un entrenamiento riguroso y estandarizado, lo que

garantiza la coherencia en la percepción y la descripción de los atributos sensoriales. Este enfoque permite generar perfiles sensoriales detallados y reproducibles, esenciales para el desarrollo y la reformulación de productos (Lawless & Heymann, 2010).

Figura 8

Clasificación de análisis sensorial descriptivo



Nota. Adoptado de: Lawless & Heymann, (2010); Škrobot et al. (2020); Stone et al. (2020).

c. Métodos afectivos

Son pruebas sensoriales que cuantifican el nivel de agrado o desagrado hacia un producto mediante escalas hedónicas (Lawless & Heymann, 2010). Estas pruebas afectivas pueden ser de aceptación o de preferencia, realizadas con consumidores, usando un gran número de jueces (50-100), que son consumidores regulares del producto, mientras que la prueba en investigación de mercado implica más del doble de ese número, a menudo en más de un área geográfica (Penfield et al., 1990; Stone et al., 2021). La escala hedónica más usada es la de 9 puntos (Figura 9), conocida como escala de nivel de agrado, en la que los consumidores pueden clasificar el producto como agradable o desagradable. La escala de 9 puntos es muy sencilla de utilizar y fácil de aplicar, ya que ha sido ampliamente estudiada y ha demostrado su utilidad en la evaluación hedónica de alimentos, bebidas y productos no alimentarios durante décadas (Lawless & Heymann, 2010).

Figura 9

Escala hedónica de 9 puntos usada en pruebas de aceptación en alimentos



Nota. Adaptado de: Lawless & Heymann (2010).

Los métodos más empleados para medir la preferencia y la aceptación de un producto son la comparación pareada y la escala hedónica de 9 puntos. Asimismo, la literatura reporta otros enfoques derivados de estos, principalmente mediante modificaciones de la escala hedónica o la aplicación de escalas alternativas, aunque su uso es menos frecuente (Stone et al., 2020).

2.2.15. *Métodos sensoriales temporales*

El análisis sensorial ha sido una herramienta fundamental en la evaluación de alimentos y bebidas; sin embargo, las metodologías tradicionales presentan un enfoque estático, ya que recogen las percepciones de los jueces en un único momento de la degustación. Este enfoque limita la comprensión de productos cuya experiencia sensorial evoluciona de manera dinámica, como sucede en Vinos, cervezas, destilados y, en particular, en el Pisco, donde los atributos gustativos, olfativos ortonasales y retronasales cambian conforme avanza la interacción con el producto (Thomas, 2016). En ese contexto, surgieron los métodos sensoriales temporales, que permiten registrar la evolución de las sensaciones a lo largo del tiempo y aportan una visión más completa de la experiencia sensorial. Entre los más empleados se encuentran el método Tiempo-Intensidad (TI), el perfil progresivo y el TDS, que permiten describir qué atributo domina en cada momento de la degustación y cómo cambia su intensidad en la percepción global del producto (Pineau & Schlich, 2023; Visalli, 2023).

Los métodos sensoriales temporales surgen como una alternativa a los enfoques estáticos, ya que permiten describir la evolución dinámica de los atributos durante la degustación, considerando su aparición, intensidad máxima, duración y desaparición (Piggott, 2000). En el caso del Pisco, la investigación se ha centrado principalmente en la caracterización química, pero aún persisten vacíos metodológicos en la aplicación de técnicas como TI o TDS, que podrían aportar información clave sobre cómo las notas florales, frutales o especiadas se expresan y decaen durante el consumo (Saldaña et al., 2025). La utilidad de los métodos temporales ha sido ampliamente documentada en la evaluación de alimentos y bebidas, ya que permiten caracterizar la evolución de la percepción sensorial a lo largo del tiempo. En ese sentido, su aplicación resulta especialmente relevante para destilados como el Pisco, cuya complejidad aromática y gustativa exige herramientas dinámicas capaces de captar la interacción de múltiples

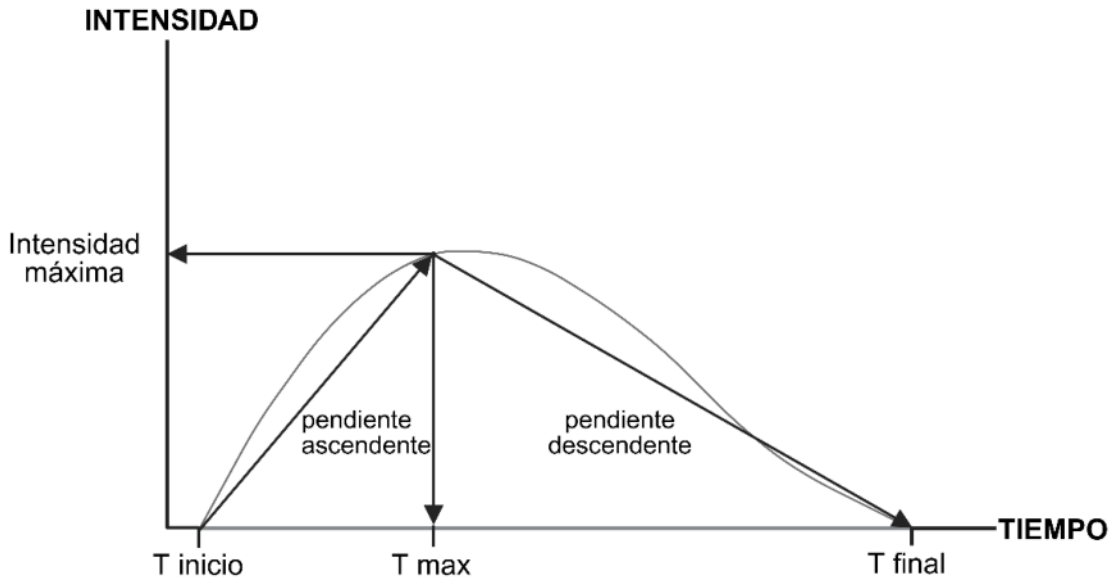
atributos sensoriales (Le Quéré & Schoumacker, 2023). En síntesis, los métodos sensoriales temporales permiten una caracterización más completa del Pisco al considerar la intensidad, la duración y la evolución de sus atributos.

a) Tiempo – intensidad

Los métodos tiempo-intensidad (TI) consideran la evaluación de un alimento respecto a la intensidad de un estímulo sensorial en el tiempo (Figura 10) y son muy eficientes en el análisis de sensaciones, es decir, en la evolución de la sensación en boca y liberación del sabor del alimento en el tiempo (Lawless & Heymann, 2010; Marques et al., 2022).

Figura 10

Curva Tiempo-Intensidad



Nota. Adaptado de: Lawless & Heymann (2010).

Inicialmente, los datos del método TI se recolectaban en puntos discretos de tiempo definidos por el investigador; posteriormente, los registradores gráficos y los programas informáticos permitieron la recolección de datos continuos (Rogers et al., 2024). Sin embargo, esta metodología solo evaluaba un atributo por evaluación, siendo esta su ventaja, ya que la

evaluación se enfoca consistentemente en un atributo, la desventaja es que este enfoque requiere de largos tiempos de evaluación y puede que incluso sea muy difícil ser usado en aplicaciones industriales rutinarias (Duizer et al. 1997).

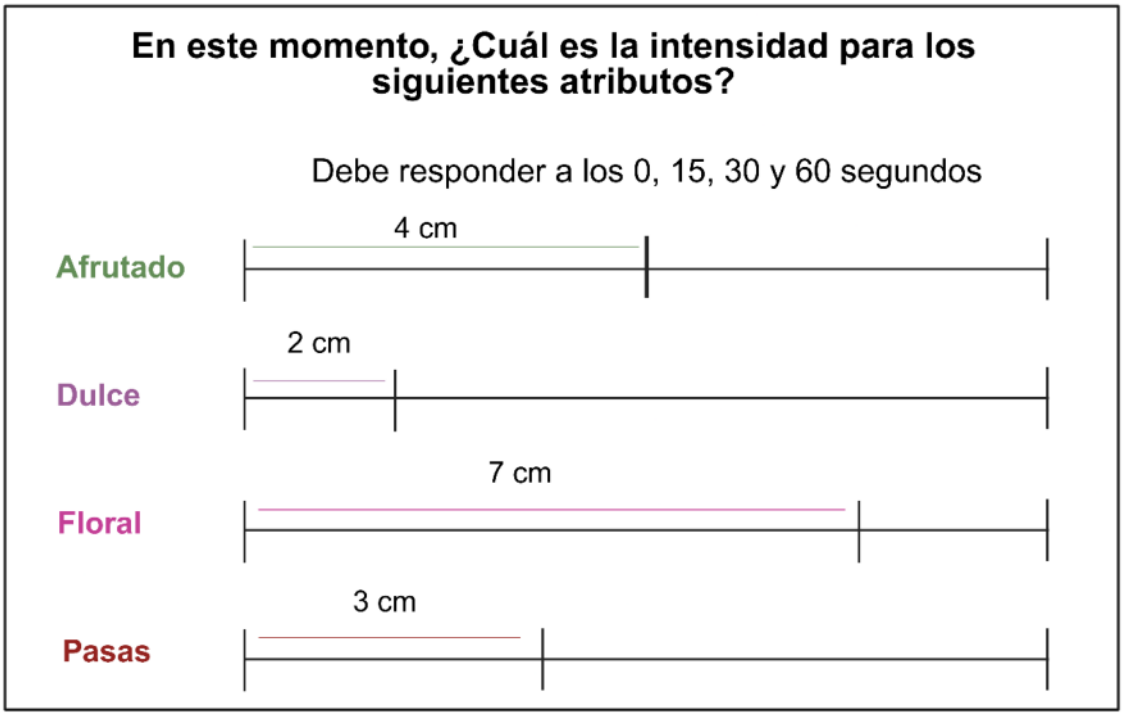
b) Perfil progresivo

Este método fue descrito por primera vez por Jack et al., (1994), que mide la intensidad de atributos específicos y en intervalos de tiempo discretos, con la capacidad de evaluar productos complejos que incluyen la combinación de diferentes tipos de atributos como textura, sensación en boca, entre otros (Esmerino et al., 2017; Galmarini et al., 2016). Este método destaca por ser una técnica intuitiva y discontinua, similar al análisis descriptivo tradicional, menos tediosa y sin la exigencia de un entrenamiento intenso, como en otras evaluaciones cuantitativas, como la de tiempo-intensidad (Esmerino et al., 2017).

En el perfil progresivo (Figura 11), los jueces reciben una lista de atributos predefinidos. Cada atributo se evalúa en una escala lineal, usualmente con un máximo de 5 puntos. La evaluación se realiza en intervalos de tiempo predeterminados, lo que asegura que todos los jueces mantengan una misma referencia temporal. Entre cada intervalo se establecen tiempos de espera, lo que permite a los evaluadores realizar la siguiente medición en condiciones homogéneas y sin acumulación de sensaciones. De esta forma, se obtiene una secuencia de datos que refleja cómo evoluciona la percepción sensorial a lo largo del tiempo (Galmarini et al. 2016). Sin embargo, presenta el inconveniente de ser discontinua, causando un menor número de datos para modelizar la temporalidad a través de curvas, limitando la precisión en la interpretación de los cambios temporales del producto y dificultando la visualización completa de la evolución sensorial (Galmarini et al., 2016).

Figura 11

Ejemplo de evaluación mediante perfil progresivo



Nota. Adaptado de: Galmarini et al. (2016).

c) Dominancia temporal de sensaciones

Origen

El método TDS fue desarrollado a principios de los 2000 en el Centro Europeo de Ciencias del Gusto (CESG), en Dijon, Francia, por Pineau et al. (2009). Su creación respondió a la necesidad de superar las limitaciones del TI, un método que solo permite evaluar un atributo a la vez, requiere largos tiempos de aplicación y genera costos elevados. Además, buscaba reducir sesgos como el halo-dumping, en el que la percepción de un atributo puede verse influida por otro (Kappes et al., 2006; Pineau & Schlich, 2023). Inicialmente se aplicó en paneles entrenados, pero pronto se extendió a consumidores, consolidándose como una técnica rápida y robusta para caracterizar dinámicamente alimentos y bebidas (Labbe et al., 2009).

Definición

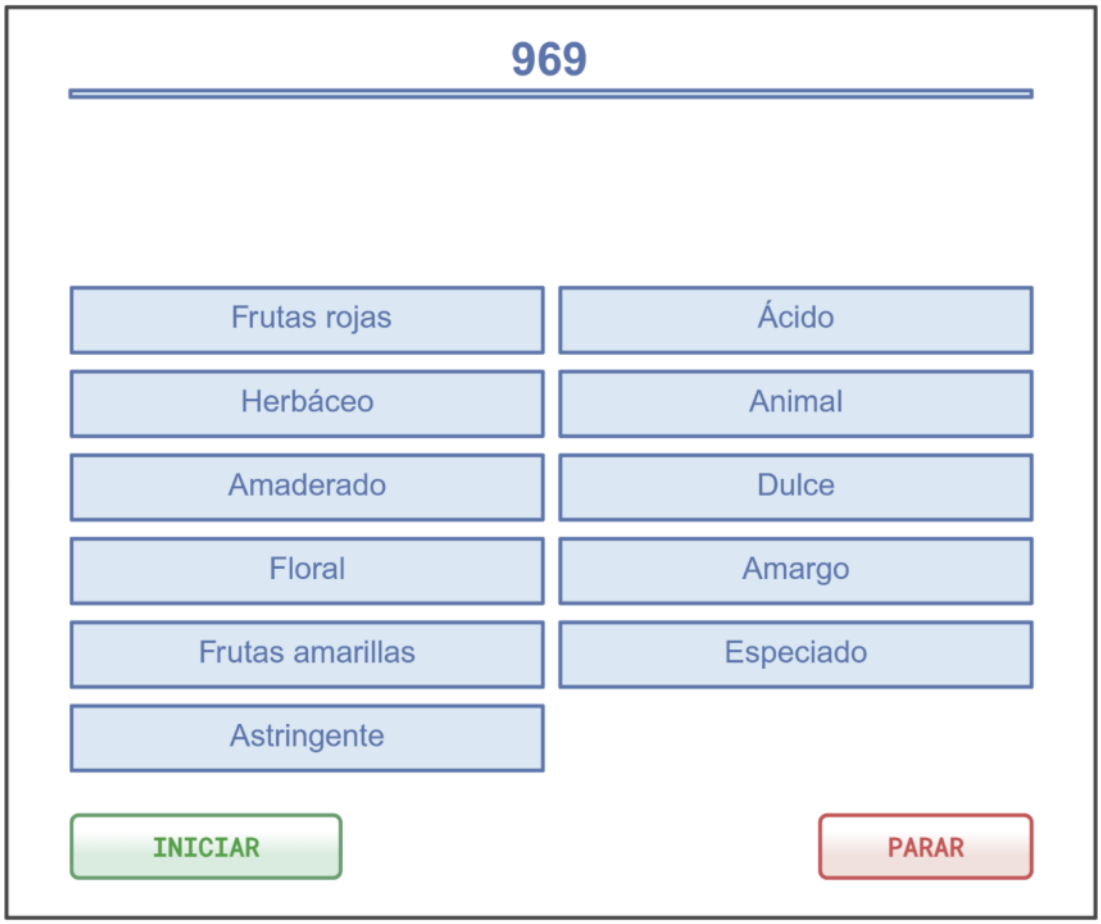
El TDS es un método dinámico de análisis sensorial que registra en tiempo real los atributos percibidos como dominantes durante la degustación (Pineau & Schlich, 2023). A diferencia del TI, que mide la intensidad de un único atributo, el TDS se centra en la sucesión de atributos que captan la atención del evaluador, aunque no necesariamente sean los más intensos (Schlich, 2017). Este enfoque resulta esencial en productos con perfiles complejos y cambiantes, como el Pisco o el baijiu, donde los aromas y sabores evolucionan a lo largo del tiempo (He et al., 2021).

Implementación metodológica

El procedimiento consiste en presentar al evaluador una lista de atributos en la pantalla de una tablet. Durante la degustación, el participante selecciona en cada momento el atributo percibido como dominante; si en algún instante considera que este cambia, debe marcar el nuevo atributo. Este proceso se repite hasta que el participante no percibe ningún atributo como dominante, lo que concluye la prueba con un registro continuo de la secuencia temporal de las percepciones sensoriales (Labbe et al., 2009). La Figura 12 ilustra gráficamente este procedimiento, mostrando cómo el evaluador interactúa con una interfaz digital para seleccionar los atributos dominantes durante la degustación.

Figura 12

Método TDS



Nota. Adaptado de: Galmarini et al. (2017).

Selección de atributos

La elección de los atributos es fundamental para la validez del análisis. Estos deben definirse a partir de la literatura especializada, de pruebas preliminares y del consenso entre los jueces. Se recomienda trabajar con un máximo de 8 a 10 atributos, ya que un número mayor puede sobrecargar cognitivamente al evaluador y afectar la confiabilidad (Pineau et al., 2012). En bebidas alcohólicas, los atributos más frecuentes incluyen notas frutales, florales, herbales, especiadas, alcohólicas, ácidas, amargas y astringentes, debido a la complejidad aromática y oral de estas matrices durante la degustación (Marques et al., 2022).

Determinación del tiempo de evaluación

El tiempo debe abarcar todas las fases de la percepción sensorial, desde el ataque inicial hasta el retrogusto. En bebidas alcohólicas, el rango de evaluación puede variar según la complejidad del producto y los atributos de interés; por ejemplo, en cócteles alcohólicos se han empleado intervalos de ataque, evolución y final de 0 a 90 s para describir la evolución de las sensaciones dominantes (Pierguidi et al., 2021). En destilados como el baijiu, se ha observado que las sensaciones dominantes cambian durante el consumo, diferenciándose atributos como el ardor, el entumecimiento, la sensación punzante y la sequedad, según el tiempo de evaluación y el envejecimiento del producto (He et al., 2021).

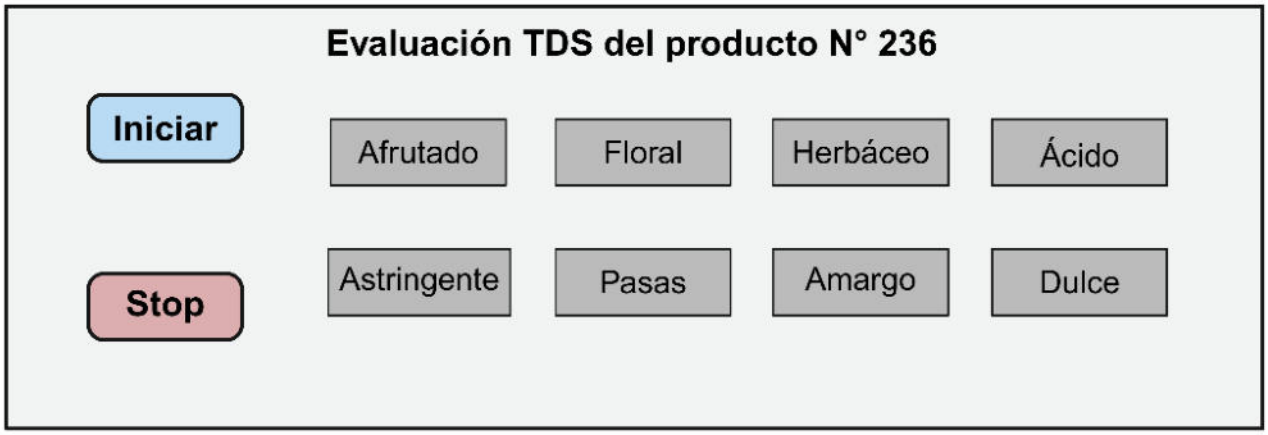
Procesamiento e interpretación de datos TDS

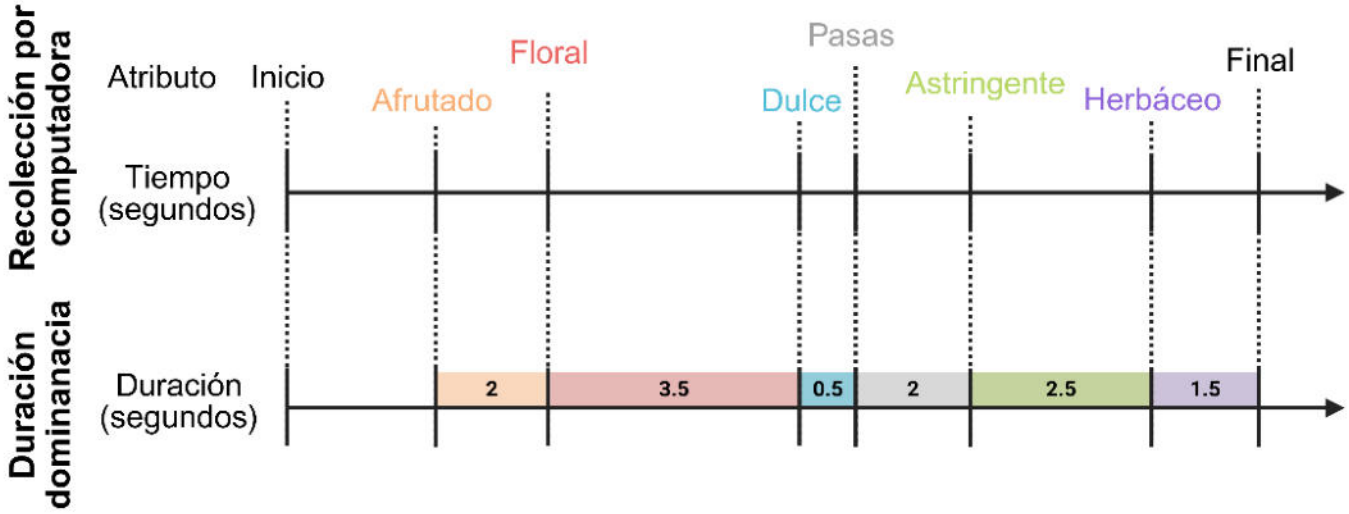
Secuencia a nivel individual

Los datos recolectados en TDS corresponden a secuencias de atributos seleccionados por cada panelista durante la evaluación. Cada secuencia puede representarse como una barra horizontal dividida en segmentos de distintas longitudes que muestran la sucesión temporal de los atributos percibidos como dominantes (Figura 13). Estas secuencias individuales de duración de dominancia permiten realizar comparaciones visuales entre sujetos y productos (Pineau et al., 2009).

Figura 13

Tratamiento de datos TDS





Dato almacenado (1 evaluación)

	Tiempo (segundos)																																									
	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5	13	13.5	14	14.5	15
Frágil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crocante	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	0	0	0	0
Crujiente	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arenoso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Duro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ligero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pegajoso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Stop	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

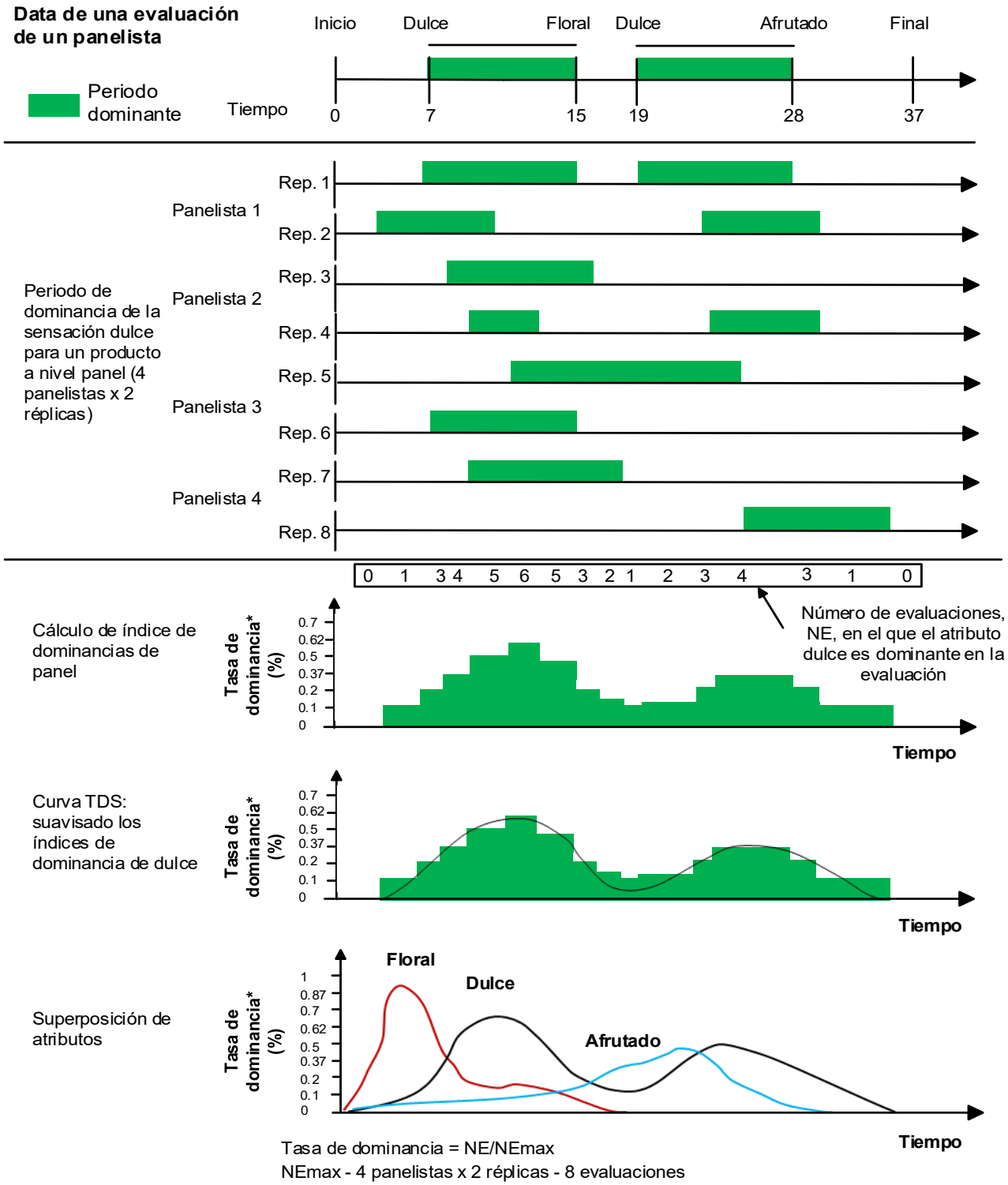
Nota. Adaptado de: Pineau & Schlich (2023).

Secuencia a nivel panel: curvas TDS

Para obtener una representación descriptiva de cada producto, los datos individuales se resumen en curvas TDS. Para cada atributo, se calcula la proporción de evaluaciones en las que dicho atributo fue considerado dominante en un instante dado. En el caso de paneles entrenados, esta proporción se obtiene a partir del número de sujetos y sus repeticiones; mientras que, en estudios con consumidores, donde normalmente no hay repeticiones, se calcula directamente sobre el total de individuos participantes. Estas proporciones se suavizan (mediante una media móvil o una regresión spline) y se grafican como curvas que muestran la evolución temporal de la tasa de dominancia de cada atributo. Este procedimiento equivale a promediar las matrices individuales (Figura 14), lo que genera una matriz atributo × tiempo con valores entre 0% y 100% en cada celda (Figura 15) (Pineau et al. 2009).

Figura 14

Metodología para calcular las curvas TDS



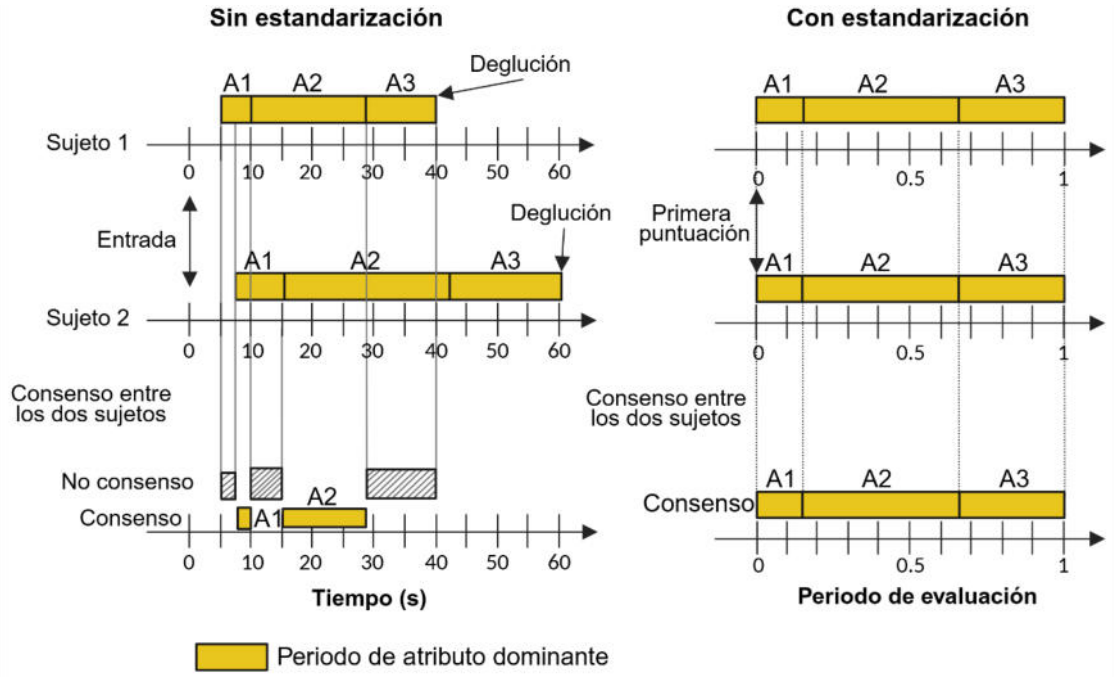
Nota. Adaptado de: Pineau et al. (2009).

Estandarización de curvas TDS

Durante la evaluación TDS, puede surgir un problema cuando los periodos de degustación varían entre los participantes, lo que se traduce en diferencias en los rangos temporales de la percepción sensorial. Para alinear la duración de la evaluación entre sujetos y facilitar el cálculo de las curvas TDS, se recomienda estandarizar los datos de cada participante en función de su duración individual de la prueba. Después de la estandarización, el eje X de las curvas TDS ya no representa el tiempo en minutos, sino el periodo de evaluación desde la primera puntuación (X = 0) hasta la deglución (X = 1). Este método permite comparar perfiles sensoriales entre diferentes personas, independientemente de su velocidad de degustación, lo que crea curvas más coherentes y promueve una interpretación más uniforme de la tasa de dominancia (Figura 16) (Pineau & Schlich, 2023).

Figura 15

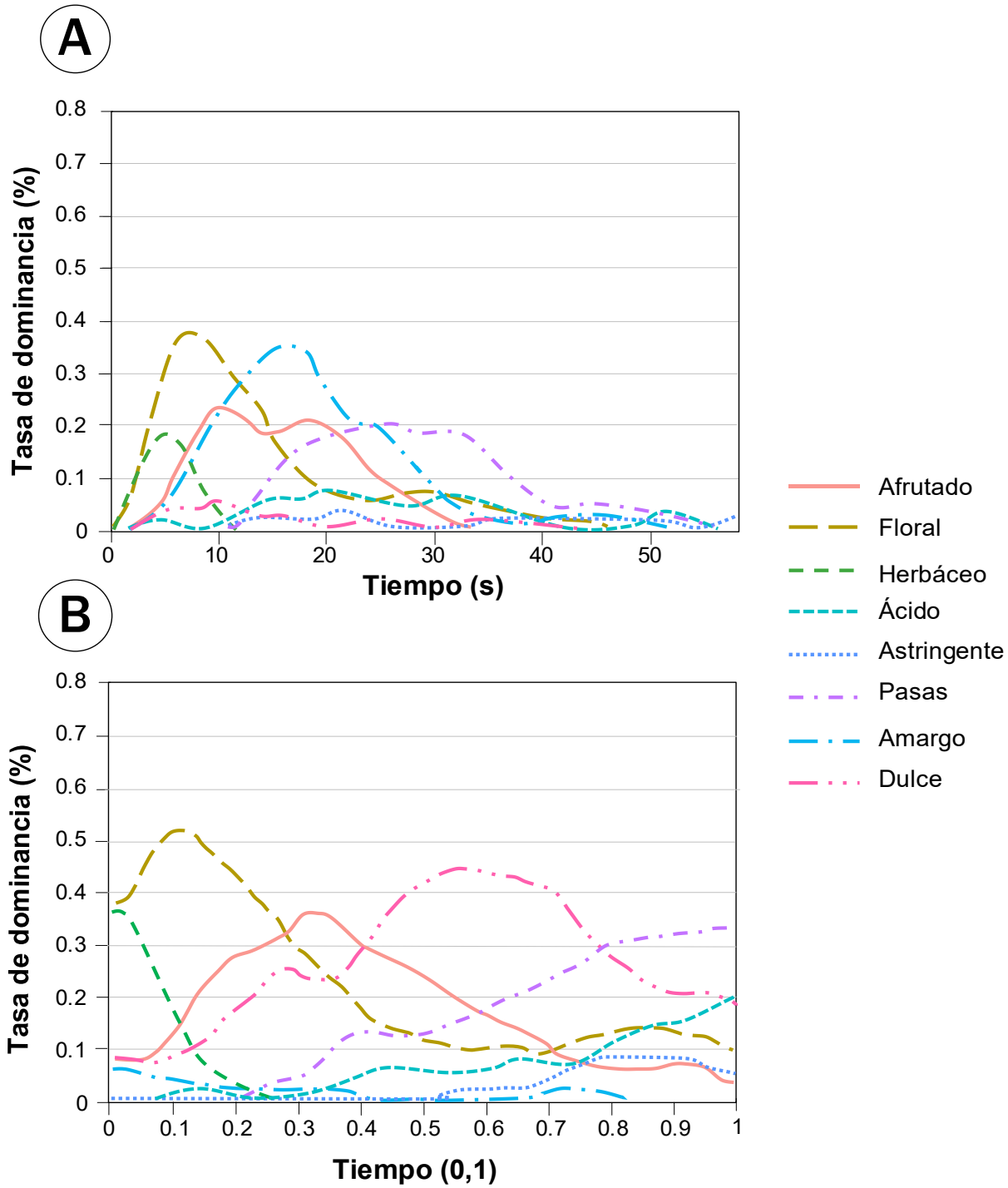
Estandarización de datos TDS



Nota. Adaptado de: Pineau et al., (2009).

Figura 16

Curvas TDS estandarizadas y no estandarizadas en la evaluación de la textura de una muestra de cereal. A: Curvas TDS no estandarizadas; B: Curvas TDS estandarizadas



Nota. Adaptado de: Pineau et al. (2009).

Construcción de curvas TDS y nivel de significancia

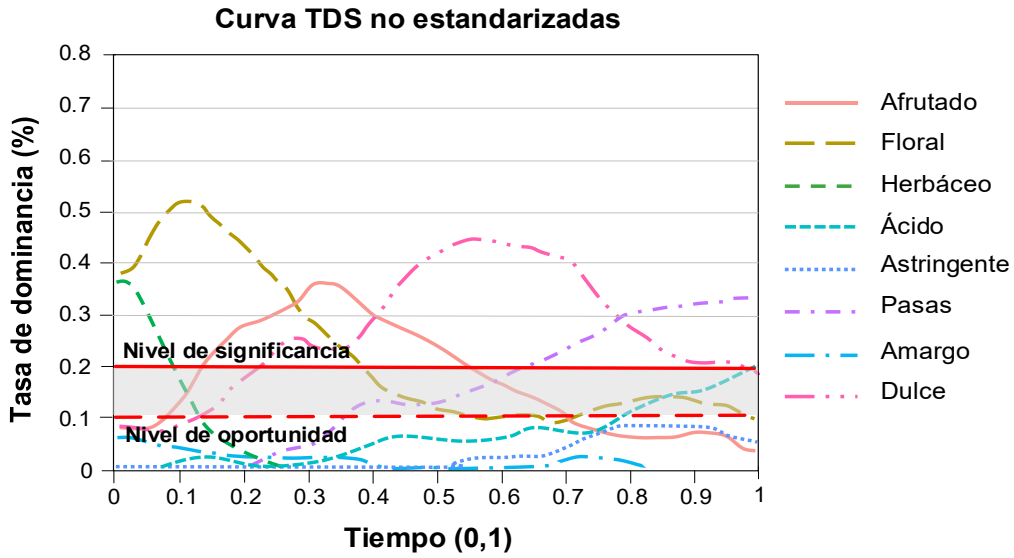
Para comprender mejor la representación del TDS, se trazan dos líneas en la gráfica. La primera, llamada nivel de oportunidad o “chance level”, corresponde a la tasa de dominancia que un atributo podría alcanzar únicamente por selección aleatoria. Su valor $p_0=1/n_A$, donde n_A es el número total de atributos considerados. La segunda, llamada “nivel de significancia” (Figura 17), es el valor mínimo que debe alcanzar esta proporción para considerarla significativamente superior a p_0. Se calcula mediante una prueba binomial (ecuación 1) con p0 la tasa de éxito por azar, n el número de ensayos, es decir, el número de panelistas evaluados, y α de 5% (Pineau et al., 2009):

$$p_s = p_0 + 1.645\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} \qquad (1)$$

Donde p_s es el valor más bajo de la tasa de dominancia significativa (α = 0.05) en cualquier punto temporal de una curva TDS, n es el número de sujetos × réplica.

Figura 17

Curvas TDS con los niveles chance y significancia



Nota. Adaptado de: Pineau et al., (2009).

d) Determinantes temporales de agrado

Los Determinantes Temporales de Agrado (DTA) permiten relacionar la dominancia temporal de los atributos sensoriales con la aceptación del consumidor. A diferencia de una prueba hedónica tradicional, que resume el agrado en una puntuación final, el DTA permite identificar qué atributos incrementan o disminuyen el agrado en el momento en que son percibidos como dominantes durante la degustación (Pineau & Schlich, 2023). De esta manera, un atributo con valor positivo se interpreta como un determinante favorable del agrado, mientras que un valor negativo indica que su dominancia se asocia con una disminución de la aceptación. Este enfoque resulta útil en productos con percepción dinámica, como bebidas alcohólicas, en los que atributos agradables pueden aparecer al inicio y ser reemplazados posteriormente por sensaciones más persistentes o menos favorables.

2.3. Definición de términos

a) ***Pisco:*** según la Norma Técnica Peruana NTP 211.001, el Pisco es "el aguardiente obtenido exclusivamente por destilación de mostos frescos de “uvas pisqueras” recientemente fermentados, utilizando métodos que mantengan el principio tradicional de calidad establecido en las zonas de producción reconocidas" (Indecopi, 2006).

b) **Análisis sensorial:** el análisis sensorial es una disciplina científica centrada en la medición y evaluación de las propiedades organolépticas de los productos mediante los sentidos humanos. Según la Norma UNE-EN ISO 5492:2010, se entiende como: "ciencia relacionada con la evaluación de los atributos sensoriales de un producto mediante los sentidos" (ISO, 2016).

c) **TDS**: el método TDS es una técnica sensorial multidimensional y temporal que permite registrar repetidamente, durante el consumo de un producto, cuál sensación es dominante en cada instante. A diferencia del enfoque T-I, el TDS capta la evolución

simultánea de múltiples percepciones dominantes (Pineau et al., 2009).

d) **GC–MS/O:** es una técnica analítica híbrida que combina la separación de compuestos volátiles mediante GC, su identificación estructural mediante MS y su evaluación sensorial a través de la detección olfativa humana (O). Esta metodología permite no solo identificar compuestos volátiles presentes en bebidas como el Pisco, sino también determinar cuáles de ellos tienen relevancia sensorial, es decir, cuáles son realmente percibidos por el olfato humano y contribuyen al perfil aromático del producto (Cacho et al., 2013a).

e) **Compuestos volátiles:** los compuestos volátiles son moléculas pequeñas que se evaporan con facilidad a temperatura ambiente y son los principales responsables del aroma y sabor de bebidas como el Pisco. Estos compuestos pertenecen a diversas clases químicas, como alcoholes, ésteres, aldehídos, cetonas, ácidos y terpenos, entre otros (Palma, Fabián-Campos, et al., 2025).

f) **Compuestos aromáticos:** los compuestos aromáticos son un subconjunto de compuestos volátiles que generan una respuesta olfativa clara en el ser humano. Son responsables de los aromas característicos del Pisco, como notas florales, frutales, herbales o especiadas (Moncayo Martínez et al., 2013).

g) **Valor de actividad de olor:** es la relación entre la concentración de un compuesto volátil y su umbral de detección olfativa. Un OAV ≥ 1 indica que el compuesto contribuye significativamente al aroma del producto; valores menores sugieren un rol secundario o sinérgico (Grosch, 2001).

h) **Atributos sensoriales dominantes:** atributos sensoriales que llamaron la atención de los participantes durante la degustación de un producto. Su identificación permite establecer la relación

entre la percepción sensorial y la composición química del Pisco (Stone et al., 2020).

i) **Aceptación sensorial:** nivel de agrado o preferencia expresado por consumidores hacia un producto, comúnmente evaluado mediante escalas hedónicas. Es clave para correlacionar datos instrumentales con la percepción real del consumidor (Lawless & Heymann, 2010).

j) **Panel sensorial:** grupo de participantes, consumidores o jueces entrenados, que participan en pruebas sensoriales bajo condiciones controladas, con el fin de evaluar objetivamente atributos de alimentos y bebidas (ISO, 2016).

k) **Determinantes temporales del agrado:** los DAT corresponden a los atributos sensoriales que, durante el curso temporal del consumo, permitiendo identificar qué características sensoriales contribuyen positiva o negativamente a la aceptación (Thomas et al., 2014).

l) **Análisis factorial múltiple (MFA):** es una técnica multivariada diseñada para el análisis conjunto de grupos de variables definidos sobre los mismos individuos, permitiendo identificar estructuras comunes y equilibrando la contribución de cada bloque de datos (Baudrit et al., 2015; Escofier & Pagès, 1994).

m) **Importancia de la variable en la proyección (VIP):** es un indicador utilizado en modelos de mínimos cuadrados parciales y en análisis discriminante por mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) para estimar la contribución relativa de cada variable predictora a la construcción del modelo. El VIP mide la influencia de una variable sobre los componentes latentes del modelo. Valores VIP superiores a 1 son indicativos de variables relevantes para la discriminación o clasificación de los tratamientos (Chong & Jun, 2005; Wold & Sjöström, 2001).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación es de tipo experimental porque se manipuló de forma intencional la variable independiente, la proporción de Pisco aromático y no aromático en cada mezcla, midiendo su efecto sobre las propiedades químicas y sensoriales bajo condiciones controladas (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018; Montgomery, 2017). El nivel es explicativo porque establece la relación causa-efecto entre la composición de la mezcla y el perfil resultante. El análisis de correlación aplicado es una técnica estadística incorporada en este diseño, sin reclasificar la investigación como de nivel correlacional (Arias, 2012).

3.2. Ámbito temporal y espacial

La investigación se desarrolló entre agosto de 2025 y marzo de 2026, periodo que abarcó la preparación de muestras, el análisis instrumental, la evaluación sensorial y el procesamiento de datos. Se caracterizó el perfil volátil, olfatométrico y sensorial dinámico de Piscos aromático y no aromático de la cosecha 2019. El trabajo se realizó en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua (UNAM).

La cosecha 2019 fue la única disponible en la bodega Antonio Biondi e Hijos S.A.C. (Moquegua) al momento de la adquisición. El intervalo de seis años entre la elaboración y el análisis no compromete la validez de los resultados.

El Pisco es un destilado joven que, por su denominación de origen, no admite envejecimiento en madera ni la adición de agua tras la destilación. Su identidad química se establece durante la fermentación y la destilación, no en una crianza posterior (Cacho et al., 2013b). La norma exige únicamente un reposo en recipientes que no alteren sus características fisicoquímicas y sensoriales (NTP 211.001, 2006). Esto lo distingue de destilados de guarda como el brandy o el whisky.

El grado alcohólico, entre 38 y 48 % v/v (NTP 211.001, 2006), estabiliza la matriz e inhibe la actividad microbiana. Bajo guarda en oscuridad y con el envase sellado, el metanol y el perfil cualitativo de volátiles se conservan, mientras que la esterificación e hidrólisis desplazan lentamente algunos ésteres y aldehídos (Różański et al., 2020). Estos cambios son acotados y no afectan los marcadores varietales.

El periodo de guarda reproduce, además, la forma en que el Pisco llega al consumidor. El reposo previo al envasado y la rotación lenta del producto hacen que el Pisco expendido corresponda a añadas anteriores. La producción nacional se mantiene estable mientras el consumo interno desciende (IEES-SNI, 2026), lo que prolonga su permanencia en bodega. La cosecha 2019 corresponde al Pisco tal como se ofrece y se consume, lo que otorga validez ecológica al estudio.

Se reconoce como una limitación que la guarda prolongada puede modificar gradualmente las concentraciones absolutas de algunos volátiles. Los valores reportados corresponden a un producto embotellado durante seis años, sin que ello altere las diferencias relativas entre tratamientos ni la identidad de los marcadores cualitativos.

3.3. Población y muestra

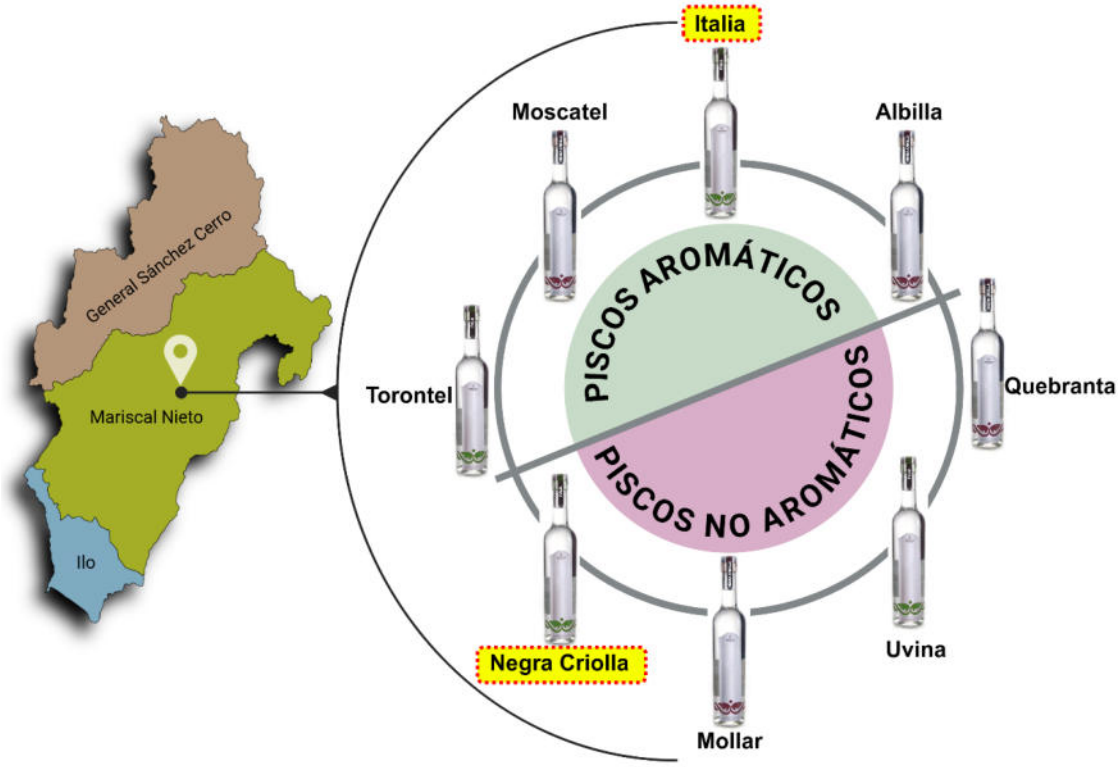
La población considerada en esta investigación corresponde a la producción de Pisco de Antonio Biondi e Hijos S.A.C., compuesta por 1000 L de Pisco aromático y 1000 L de Pisco no aromático, ambos de la cosecha 2019.

El muestreo empleado fue no probabilístico por conveniencia, dado que la bodega fue seleccionada por su disponibilidad, como se indicó en el apartado anterior. De forma adicional, esta contaba con procesos de producción estandarizados que favorecieron la uniformidad de las muestras analizadas. Para el desarrollo del estudio se seleccionaron las muestras PA y PNA, según la clasificación mostrada en la Figura 18, con el propósito de comparar sus perfiles sensoriales y volátiles.

Las muestras se conservaron a 18 °C, en un lugar oscuro y seco, alejadas de fuentes de calor, en botellas de vidrio herméticamente cerradas y sin espacio de cabeza, para evitar el contacto con el oxígeno y preservar sus características químicas y sensoriales.

Figura 18

Clasificación de Piscos aromáticos y no aromáticos



3.4. Instrumentos

a. Materiales

- Viales de vidrio de 20 mL con tapa hermética y septum
- Cápsulas adsorbentes Twister® de PDMS
- Fibra SPME PDMS/DVB con soporte de acero inoxidable
- Tubos de desorción térmica compatibles con TDU

- Septum para inyección GC
- Columna capilar HP-5MS UI (Agilent Technologies), 30 m × 0,250 mm × 0,25 µm
- Micropipetas automáticas (10, 100 y 1000 µL)
- Puntas estériles para micropipetas
- Probetas de vidrio (10, 50 y 100 mL)
- Vasos de precipitados de vidrio
- Embudos de vidrio
- Papel libre de contaminantes
- Copas de vidrio normalizadas ISO (NF V09-110)

b. Equipos

- Cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas y olfatometría (Agilent 8890 GC - 5977B MSD - ODP 4)
- Agitador magnético
- Sistema de purificación de agua tipo I y tipo II (Merck, modelos Elix Essential 3 y Milli-Q EQ 7000)
- Tablet con software de adquisición (Compusense)

c. Insumos y Reactivos

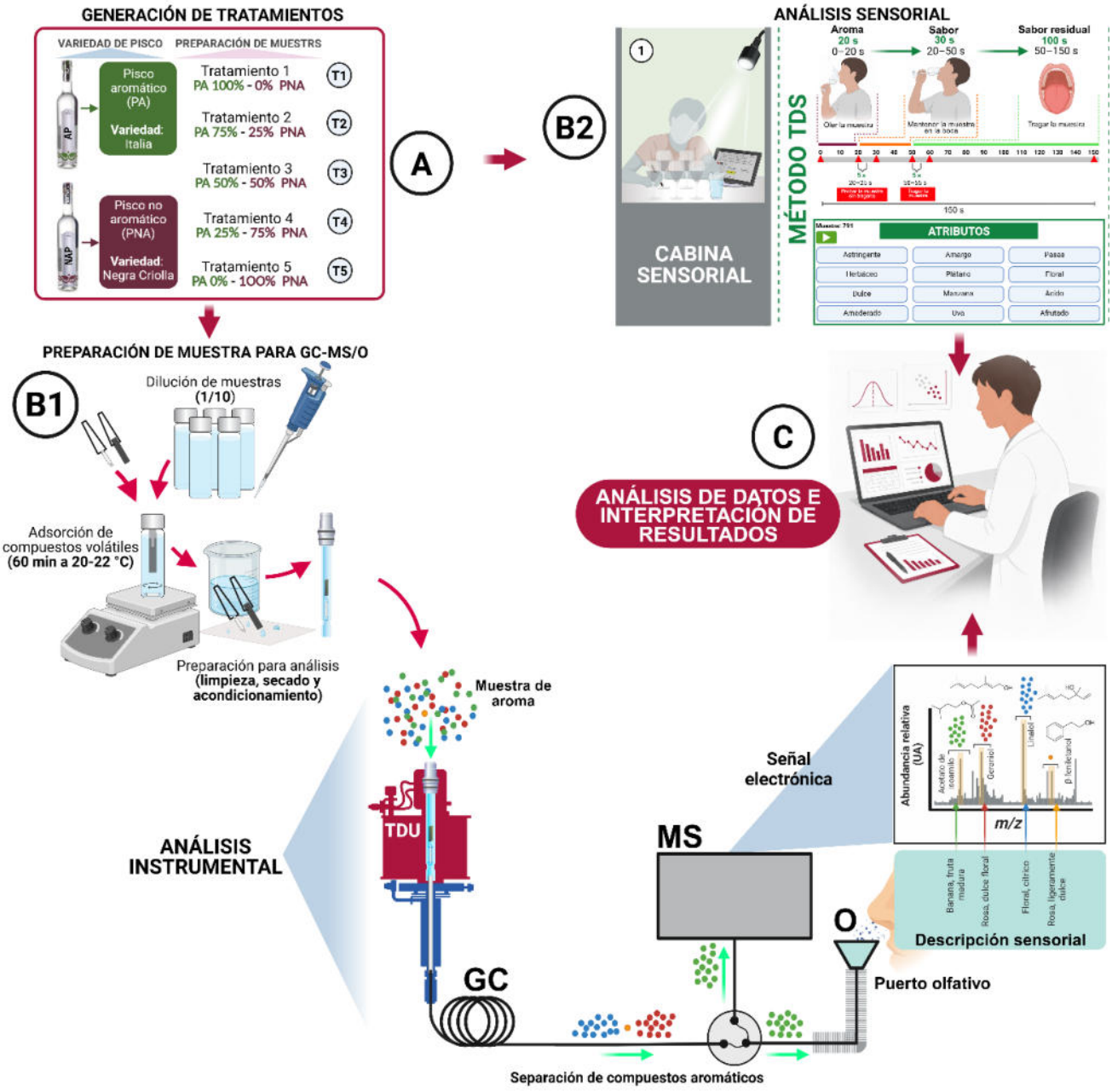
- Pisco aromático (variedad Italia)
- Pisco no aromático (variedad Negra Criolla)
- Agua ultrapura (tipo Milli-Q)

3.5. Procedimiento

La Figura 19 resume las fases del estudio, que van desde la generación de los cinco tratamientos PA/PNA (A), el análisis instrumental por GC–MS/O (B1), la evaluación sensorial dinámica mediante TDS (B2) y el análisis de datos e interpretación de resultados (C).

Figura 19

Descripción esquemática del estudio



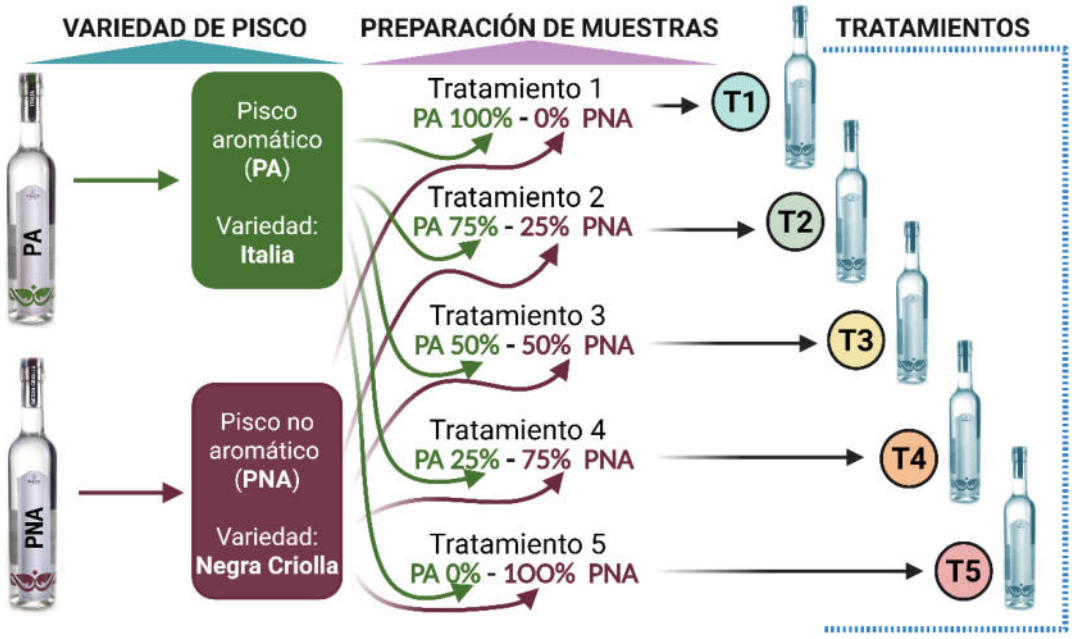
Nota. A: generación de tratamientos; B1: análisis instrumental; B2: análisis sensorial; C: análisis de datos.

3.5.1. Preparación de las muestras

Se emplearon Piscos aromáticos y no aromáticos variedades Italia y Negra Criolla, respectivamente, preparados en la bodega Antonio Biondi e Hijos S.A.C. (Moquegua, Perú). A partir de estas muestras se establecieron cinco tratamientos, definidos según diferentes proporciones de Pisco aromático y no aromático, con el propósito de obtener mezclas que permitieran evaluar el efecto de los niveles de combinación sobre las variables de respuesta del estudio (Figura 20).

Figura 20

Preparación de muestras



Nota. Preparación de muestras según el tipo de Pisco: PA y PNA.

3.5.2. Caracterización volátil y olfatométrica

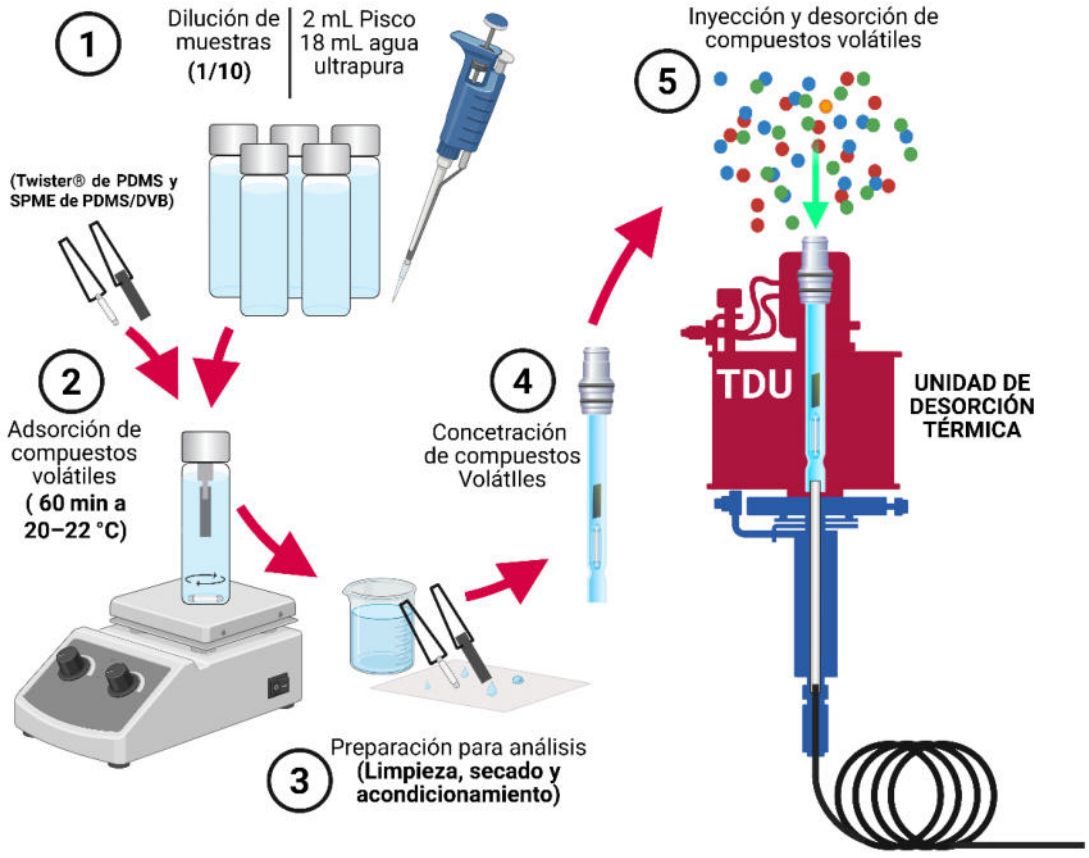
3.5.2.1. Preparación de las muestras para GC–MS/O

Para la identificación de compuestos volátiles presentes en muestras de Pisco, se empleó una metodología combinada de extracción térmica y microextracción en fase sólida, siguiendo un protocolo estandarizado adaptado de estudios previos aplicados en Vinos y destilados (Moncayo et al., 2014; Peña et al., 2005).

Las muestras se prepararon en una proporción 1:10, empleando 2 mL de Pisco y 18 mL de agua ultrapura en viales de vidrio de 20 mL con tapa hermética. Se utilizaron dos tipos de adsorbentes, una cápsula Twister® de polidimetilsiloxano (PDMS) y una lámina de microextracción en fase sólida (SPME, por sus siglas en inglés) con recubrimiento de polidimetilsiloxano/divinilbenceno (PDMS/DVB), ambos con soporte de acero inoxidable. Los adsorbentes se colocaron en suspensión en el vial cerrado y se sometieron a agitación magnética durante 60 min a 20 °C, lo que favoreció la adsorción de compuestos volátiles (Kfoury et al., 2021; Vernarelli et al., 2020). Finalizada la adsorción, los dispositivos fueron enjuagados con agua ultrapura, secados con toallitas sin pelusa (Cleanwiper®, LintGuard, EE. UU.) y colocados en tubos de desorción térmica. El procedimiento completo de preparación se muestra en la Figura 21.

Figura 21

Preparación de compuestos volátiles



3.5.2.2. Análisis de compuestos volátiles y olfatometría por GC–MS/O

Los análisis por GC–MS y GC-O se realizaron de forma simultánea, ya que el flujo de salida de la columna cromatográfica se dividió entre el detector de masas y el puerto olfativo, permitiendo registrar, para cada compuesto separado, su espectro de masas y su percepción olfativa en el mismo momento de la corrida.

Se utilizó un sistema Agilent 8890 GC / 5977B MSD acoplado a una plataforma automatizada de inyección GERSTEL MultiPurpose Sampler (MPS), equipada con una unidad de desorción térmica (TDU 2), un sistema de inyección criogénica (CIS 4), un dispositivo de enfriamiento criogénico (CCD 2) y un puerto de detección olfativa (ODP 4). La separación se llevó a cabo en una columna HP-5MS UI (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm), con helio como gas portador a un flujo constante de 1,0 mL/min. El horno se inició a 40 °C durante 5 min, con un incremento de 2 °C/min hasta alcanzar 230 °C. Las muestras fueron desorbidas en el TDU 2 desde 40 °C hasta 250 °C, a una velocidad de calentamiento de 720 °C/min, con crioconcentración en el CIS 4 desde -30 °C hasta 280 °C, a 12 °C/s, en modo split 30:1. El espectrómetro de masas operó en modo full scan, en un rango de 25 a 220 m/z, con ionización por impacto electrónico a 70 eV.

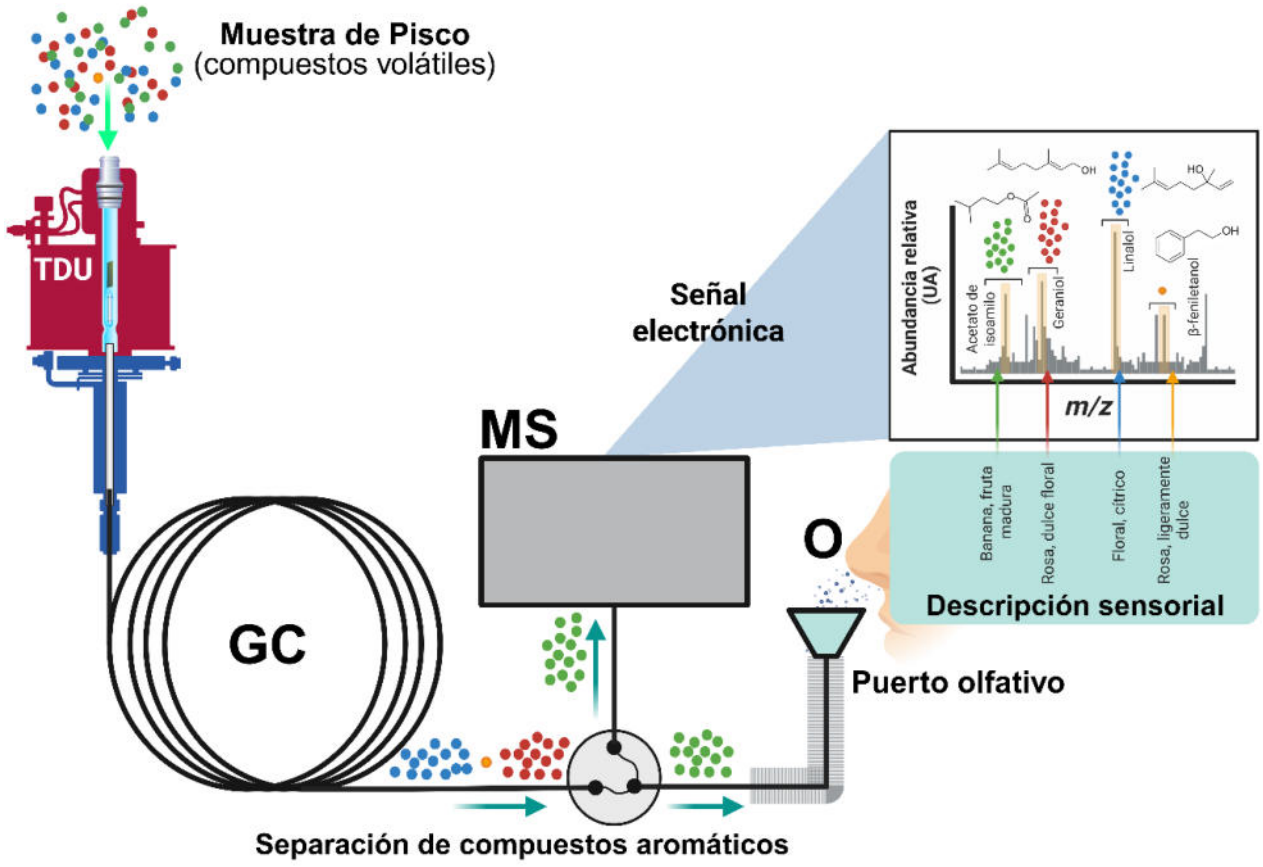
El análisis cromatográfico se empleó con fines cualitativos y comparativos, orientado a identificar compuestos volátiles y diferenciar las mezclas PA/PNA mediante señales cromatográficas, comparando los espectros de masas con la librería NIST 2023 según criterios de similitud espectral (match factor ≥ 85 %), aceptándose únicamente las identificaciones que superaron dicho umbral. Los resultados se interpretaron, por tanto, como marcadores relativos del perfil volátil, no como concentraciones absolutas.

En paralelo, la detección olfatométrica se realizó mediante el puerto olfativo ODP 4, con un panel de cinco jueces seleccionados por su capacidad para detectar y discriminar olores. Antes del análisis, los jueces fueron entrenados durante cinco sesiones, evaluando extractos de Pisco hasta que todos coincidieron en los mismos descriptores odorantes y familias

sensoriales, siguiendo un enfoque similar al descrito por Brattoli et al., (2013). Una vez alcanzado este acuerdo, se dio inicio a la evaluación olfatométrica: los evaluadores registraron el tiempo de retención, el descriptor olfativo y la intensidad percibida de cada zona, calificada en una escala estructurada de tres niveles (1 = bajo, 3 = intermedio, 6 = intenso), empleada posteriormente para el cálculo de la Frecuencia Modificada (MF), un índice que pondera la frecuencia y la intensidad de detección. El procedimiento se muestra en la Figura 22.

Figura 22

Inyección y detección, instrumental y sensorial, de compuestos aromáticos mediante GC–MS/O.



3.5.3. Evaluación sensorial

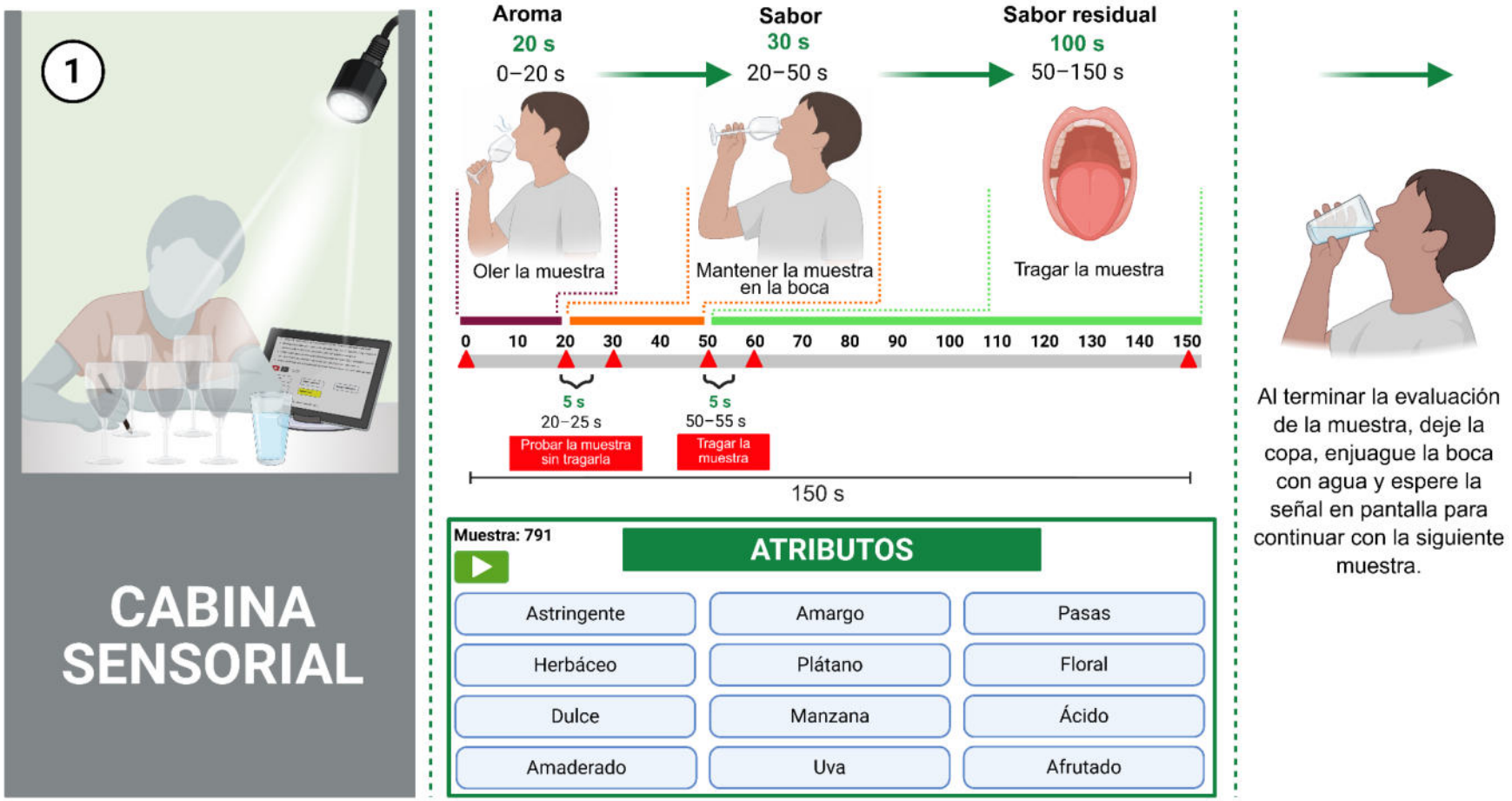
3.5.3.1. Reclutamiento de consumidores y condiciones de evaluación

Se reclutaron 76 consumidores habituales de Pisco (19 a 55 años de edad; media de 26,9 ± 6,8 años; 35 hombres, 39 mujeres y 2 sin sexo declarado) entre personal administrativo, estudiantes y visitantes del campus universitario de la UNAM sede Moquegua, todos mayores de 18 años. Se consideró consumidor habitual a quien declaró consumir Pisco al menos una vez al mes, criterio verificado mediante una encuesta de selección previa. El Comité de Ética e Integridad Científica de la UNAM aprobó el estudio mediante la Carta N.° D0003-2026-CEPI (Anexo 1).

Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNAM, en cabinas sensoriales individuales a temperatura ambiente. Antes de iniciar, cada consumidor recibió instrucciones sobre el procedimiento del TDS y la escala hedónica (Figura 23). Las cinco mezclas PA/PNA se codificaron con tres dígitos aleatorios, se sirvieron a 20 ± 2 °C en copas normalizadas AFNOR (NF V09-110) y se evaluaron bajo luz blanca de 500 lux. El orden de presentación siguió un diseño cuadrado latino de Williams para minimizar los efectos de orden y de arrastre (MacFie et al., 1989). La evaluación se desarrolló sin interferencias externas para mantener la uniformidad en la presentación y en los tiempos de respuesta de los consumidores (ISO, 2007).

Figura 23

Procedimiento de evaluación sensorial del Pisco



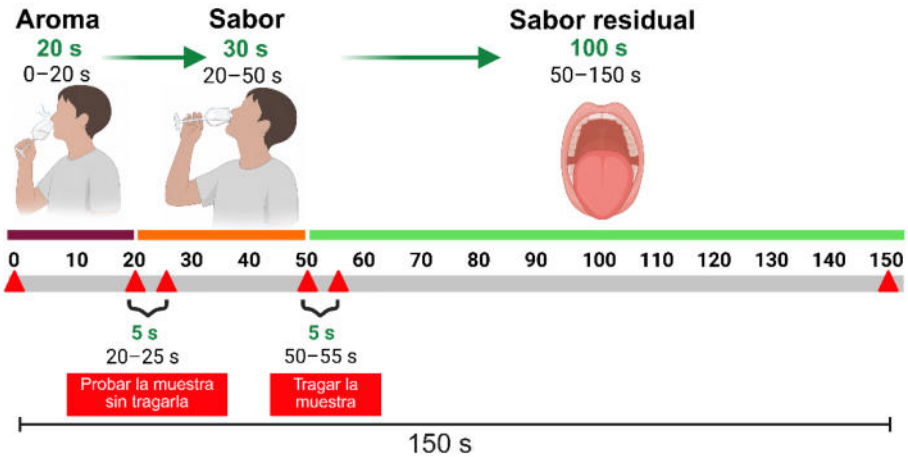
Nota. Proceso de evaluación en cabina sensorial y tiempos de percepción.

3.5.3.2. Procedimiento del método TDS

Cada consumidor identificó, mediante TDS, los atributos dominantes de las muestras y, al término de cada evaluación, calificó la aceptación en una escala hedónica de 9 puntos, según el protocolo de la Figura 24. El atributo dominante se definió como la sensación que captaba la atención en un momento dado, sin ser necesariamente la más intensa (ISO 13299, 2016; Pineau & Schlich, 2015). La evaluación se desarrolló de forma continua durante 150 s, organizada en tres fases consecutivas. La fase de aroma ortonasal comprendió de 0 a 20 s, previa a la introducción de la muestra en boca. La fase de sabor abarcó entre 20 y 50 s, con la muestra retenida sin deglutir. La fase de sabor residual se extendió de 50 a 150 s tras la deglución, para capturar la persistencia sensorial. Los participantes seleccionaron los atributos dominantes a partir de una lista predefinida de 12 descriptores (dulce, ácido, uva, afrutado, amaderado, manzana, floral, herbáceo, amargo, astringente, pasas y plátano), obtenidos de un estudio previo de comentarios libres (Velásquez, 2026) en el que se retuvieron los términos con frecuencia de citación superior a 0,4. Entre muestras se aplicó un enjuague con agua de 30 s y un reposo de 90 s para reducir la fatiga sensorial y el efecto de arrastre (Harwood et al., 2020). Los datos se recopilaron en *Compusense Cloud* (Compusense Inc., Guelph, Canadá).

Figura 24

Protocolo experimental para el análisis sensorial por TDS



Nota. La figura detalla la secuencia de evaluación desde la fase olfativa hasta el retrogusto. Adaptado de He et al. (2021).

3.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron analizados según la naturaleza de cada matriz, tanto instrumental como sensorial. El procesamiento se organizó en función de los objetivos específicos de la investigación, diferenciando el análisis de la caracterización volátil y olfatométrica, el análisis del perfil sensorial dinámico y el análisis de aceptación y de DTA.

3.6.1. Análisis de datos de la caracterización volátil y olfatométrica (objetivo 1)

Para el análisis de compuestos volátiles por GC–MS, se organizó una matriz química correspondiente a las corridas instrumentales del diseño experimental, conformada por cinco mezclas PA/PNA, dos réplicas independientes y cinco corridas por condición, para un total de 50 observaciones instrumentales. En esta matriz se consideraron 83 compuestos volátiles identificados y comparados cualitativamente a partir de las señales cromatográficas. Por ello, los resultados de GC–MS se interpretaron como una caracterización cualitativa y comparativa del perfil volátil, y no como una cuantificación absoluta de la concentración. Previo al análisis multivariado, los datos se transformaron y se escalaron para reducir el efecto de las diferencias de magnitud entre las señales. Se aplicó un ANOVA tipo II para evaluar el efecto de la proporción PA/PNA sobre cada compuesto volátil, con corrección de la tasa de falsos descubrimientos mediante el método q-FDR (q-FDR < 0,05). Adicionalmente, se aplicó una regresión polinómica para clasificar el patrón de mezcla de cada compuesto como lineal, sinérgico o antagónico. Posteriormente, se aplicó un análisis discriminante por mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) para evaluar la separación entre tratamientos e identificar los compuestos discriminantes.

La selección de compuestos discriminantes se realizó considerando la importancia de las variables en la proyección del modelo (VIP, por sus siglas en inglés), el ajuste estadístico univariado y la interpretación del patrón de respuesta frente a la proporción de PA. Se consideraron marcadores

aquellos compuestos con VIP ≥ 1,0, q-FDR < 0,05 y un patrón químico interpretable, donde VIP indica la contribución del compuesto al modelo multivariado, mientras que q-FDR corresponde al valor de significancia ajustado por la tasa de falsos descubrimientos. Los compuestos fueron clasificados como lineales, sinérgicos o antagónicos. Los lineales aumentaron o disminuyeron progresivamente con la proporción de PA; los sinérgicos presentaron máximos internos en las mezclas; y los antagónicos mostraron mínimos internos. Esta clasificación permitió interpretar el comportamiento químico de las formulaciones más allá de una dilución proporcional.

Para el análisis olfatométrico por GC–O, los descriptores individuales registrados por los jueces fueron revisados, corregidos y agrupados en familias sensoriales. La respuesta odorante de cada familia fue resumida mediante la Frecuencia Modificada (MF), calculada a partir de la frecuencia de detección y la intensidad percibida por el panel, registrada previamente en la escala estructurada de tres niveles: 1 = bajo, 3 = intermedio y 6 = intenso, de acuerdo con la Ecuación (2):

$$\boldsymbol{MF}(\%) = \sqrt{\boldsymbol{F}(\%) \times \boldsymbol{I}(\%)} \qquad (2)$$

Donde *F (%)* corresponde a la frecuencia de detección de una familia odorante e *I (%)* a la intensidad relativa percibida. Estas variables fueron calculadas mediante las ecuaciones (3) y (4), respectivamente:

$$\boldsymbol{F}(\%) = \frac{\boldsymbol{n}}{\boldsymbol{N}} \times \mathbf{100} \qquad (3)$$

$$\boldsymbol{I}(\%) = \frac{\sum \boldsymbol{I_J}}{\boldsymbol{N} \times \boldsymbol{I_{max}}} \times \mathbf{100} \qquad (4)$$

Donde *n* es el número de sesiones en las que se detectó una familia sensorial, *N* es el número total de sesiones evaluadas, ΣI_J, es la suma de las intensidades máximas registradas para dicha familia en las sesiones evaluadas e I_{max} corresponde al valor máximo de la escala utilizada. Para evitar la sobreestimación de la frecuencia, cuando un mismo descriptor fue

detectado más de una vez en una sesión, se consideró únicamente la intensidad máxima reportada. Se utilizó como criterio de relevancia odorante un valor de MF ≥ 30 %, siguiendo el criterio establecido por (Culleré et al., 2013).

Con la finalidad de explorar posibles efectos de la mezcla sobre el perfil olfatométrico, la MF de cada familia sensorial fue evaluada en función de la proporción de PA. Para ello, se aplicó un modelo polinómico cuadrático centrado en PA = 50 %, expresado en la Ecuación (5):

$$\boldsymbol{MF = \beta_0 + \beta_1(PA - 50) + \beta_2(PA - 50)^2 + \varepsilon} \qquad (5)$$

Donde MF representa la Frecuencia Modificada de cada familia sensorial, PA es la proporción de Pisco aromático Italia, β_0 es el intercepto, β_1 representa la tendencia lineal, β_2 representa el efecto cuadrático y ε corresponde al error del modelo. Los valores de $\beta_2 < 0$ fueron interpretados como posibles efectos sinérgicos, asociados a máximos internos; mientras que los valores de $\beta_2 > 0$ fueron interpretados como posibles efectos antagónicos, asociados a mínimos internos. La interpretación se realizó de manera descriptiva, considerando el coeficiente cuadrático, el valor de p y el patrón observado en las figuras.

3.6.2. Análisis de datos del perfil sensorial dinámico (objetivo 2)

Los datos TDS fueron obtenidos a partir de la evaluación realizada por 76 consumidores habituales de Pisco. Estos datos se representaron mediante bandplots (Galmarini et al., 2017), diferenciando las fases de aroma, sabor y residual. Los bandplots se elaboraron a partir de las curvas TDS calculadas en cada momento de la degustación y de la proporción de consumidores que seleccionaron un atributo como dominante. Estas curvas fueron comparadas con los niveles de oportunidad y de significancia descritos por Pineau et al. (2009).

Para integrar la información sensorial obtenida en las tres modalidades, se aplicó un análisis factorial múltiple (MFA), considerando

aroma, sabor y residual como bloques de variables evaluadas sobre las mismas muestras, siguiendo las recomendaciones de Escofier & Pagès (1994) y Pagès (2005) para datos sensoriales multibloque. El MFA permitió visualizar la posición de cada mezcla en el espacio factorial y la dirección de los atributos que contribuyeron a su diferenciación.

3.6.3. Análisis de datos de aceptación sensorial y DTA (objetivo 3)

Los datos de aceptación obtenidos de los 76 consumidores mediante la escala hedónica de nueve puntos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con diseño de cuadrado latino, considerando la proporción PA/PNA como factor de estudio, y el juez y el orden de presentación como factores de bloqueo. Cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5 % de significancia. Los resultados se representaron mediante diagramas de caja, que incluyeron el promedio de aceptación de cada tratamiento y letras de significancia para identificar los grupos estadísticamente diferentes. Los tratamientos que compartieron al menos una letra se consideraron estadísticamente similares.

Posteriormente, los DTA se representaron mediante un mapa de calor. El cálculo se realizó conforme al procedimiento descrito por Thomas et al. (2014), estimando el efecto de la dominancia de cada atributo sobre el agrado mediante un modelo lineal mixto que relacionó el tiempo durante el cual el atributo fue percibido como dominante con la valoración hedónica del consumidor. Los valores positivos indicaron atributos cuya dominancia estuvo asociada con una mayor aceptación, mientras que los valores negativos correspondieron a atributos relacionados con una menor aceptación durante su dominancia.

Los análisis multivariados y los gráficos se realizaron en el entorno R, utilizando los paquetes FactoMineR para MFA, mixOmics para PLS-DA y tempR para el procesamiento de los datos TDS y DTA.

3.6.4. Análisis de datos de la relación entre compuestos volátiles, atributos dominantes y aceptación (objetivo 4)

Para establecer la relación entre la composición volátil, los atributos sensoriales dominantes y la aceptación del consumidor, se calculó el coeficiente de correlación de Spearman entre las señales cromatográficas relativas de los compuestos discriminantes identificados por GC–MS, las tasas de dominancia de los atributos obtenidas mediante TDS y la puntuación hedónica promedio de cada mezcla PA/PNA. El coeficiente de Spearman fue seleccionado por ser una medida no paramétrica que no asume una distribución normal de los datos ni relaciones lineales entre variables, condiciones que no pueden garantizarse en análisis exploratorios con un número reducido de observaciones (Mukaka, 2012), y ha sido ampliamente empleado en estudios de correlación entre compuestos volátiles y atributos sensoriales en bebidas fermentadas y destiladas (Zou et al., 2023). Se consideraron como asociaciones relevantes aquellas con magnitud $|rs| \geq 0{,}70$ y $p < 0{,}05$, umbral que corresponde a correlaciones de magnitud fuerte según la clasificación propuesta por Mukaka (2012). El análisis se realizó en el entorno R utilizando el paquete base stats.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización volátil y olfatométrica (objetivo 1)

4.1.1. Análisis GC–MS

El análisis GC–MS mostró diferencias en la composición volátil entre las mezclas PA/PNA, con una mayor separación entre los tratamientos extremos PA100:PNA0 y PA0:PNA100 (Figura 25). Aplicando el triple criterio de selección (VIP ≥ 1,0; q-FDR < 0,05; patrón químico interpretable), se identificaron 18 compuestos discriminantes, resumidos en la Tabla 5. Entre los compuestos de mayor contribución se encuentran linalool (VIP = 2,10), citronelol (VIP = 1,93), geraniol (VIP = 1,85), éster 1-etenil-1,5-dimetil-4-hexenil del ácido hexanoico (VIP = 1,85), 3,7-dimetil-1,5,7-octatrien-3-ol (VIP = 1,71) y éter etílico de geranilo 1 (VIP = 1,62), todos con mayor presencia relativa en mezclas intermedias-altas de PA, asociadas al carácter aromático del Pisco Italia. Por otro lado, alcohol feniletílico, 1-propanol 2-metil, éster 2-feniletílico del ácido acético y ácido octanoico mostraron menor presencia relativa conforme aumentó la proporción de PA, reflejando la contribución del Pisco Negra Criolla. Finalmente, 1-butanol 3-metil, éster etílico del ácido butanoico 3-metil y 1,4-dibutilbenceno-1,4-dicarboxilato evidenciaron un comportamiento antagónico en mezclas intermedias.

El comportamiento antagónico en mezclas intermedias se reflejó en la menor presencia relativa de los compuestos fermentativos mencionados anteriormente, indicando que ciertas proporciones intermedias redujeron la expresión relativa de estos compuestos. La mayor presencia relativa de linalool, citronelol y geraniol en mezclas intermedias-altas de PA refleja el predominio del carácter terpénico del Pisco Italia, mientras que la menor presencia relativa de alcohol feniletílico, 1-propanol 2-metil, éster 2-feniletílico del ácido acético y ácido octanoico evidencia la contribución diferencial del Pisco Negra Criolla. Esto confirma que el efecto de la mezcla dependió de la interacción entre ambos Piscos y no únicamente de la proporción individual de cada uno. Además, la Figura 25 permite visualizar los compuestos discriminantes según la puntuación VIP y su patrón de comportamiento

(sinérgico, antagónico, lineal), mostrando la importancia relativa de cada compuesto para la separación de las mezclas.

Los compuestos discriminantes pertenecieron principalmente al grupo de los monoterpenos, lo cual coincide con lo reportado para Piscos de variedades aromáticas. Cacho et al. (2012) identificaron linalool y geraniol como odorantes del Pisco Italia de origen varietal, y Napa-Almeyda et al. (2023), confirmaron la presencia de citronellol, geraniol, linalool y nerol en esta variedad. En contraste, Cacho et al. (2013a) señalaron que los Piscos no aromáticos presentan menor participación terpénica y una mayor contribución de alcoholes superiores, ésteres y ácidos, lo que concuerda con la asociación observada entre el alcohol feniletílico, el 1-propanol 2-metil y el ácido octanoico con las mezclas de mayor proporción de PNA. Las respuestas sinérgicas y antagónicas pueden interpretarse desde la teoría de vectores aromáticos. Ferreira et al. (2022) demostraron que la interacción entre compuestos puede generar efectos de potenciación o enmascaramiento, lo que explicaría la mayor presencia relativa de los terpenos en mezclas de intensidad intermedia-alta como resultado de interacciones entre compuestos terpénicos, fermentativos y de matriz. Asimismo, Sáenz-Navajas et al. (2010) mostraron que la matriz del producto y los alcoholes superiores pueden modificar la expresión de los volátiles, lo que respalda la hipótesis de que el antagonismo entre 1-butanol 3-metil y el éster etílico del ácido butanoico 3-metil refleje una menor expresión del perfil del PNA en mezclas intermedias, un comportamiento esperable en sistemas de mezcla (Cornell, 2002).

Tabla 5

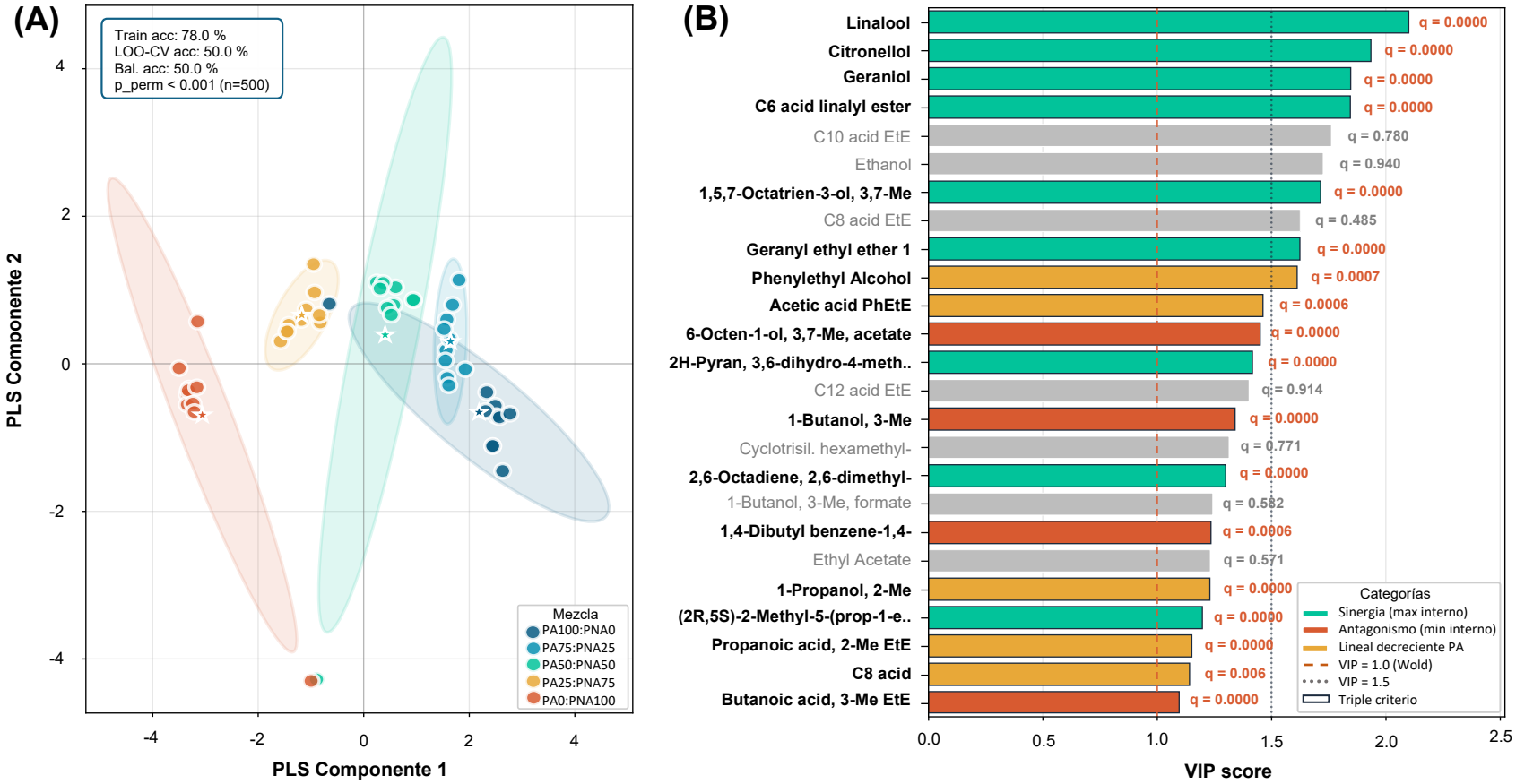
Compuestos discriminantes de las mezclas PA/PNA identificados por GC–MS, valores de VIP, q-FDR y patrón de mezcla.

Compuesto	TR (min)	Abundancia relativa (% área)					VIP	q-FDR	Clasificación
		PA100: PNA0	PA75: PNA25	PA50: PNA50	PA25: PNA75	PA0: PNA100			
Etanol	2.15	2.96	3.68	8.94	1.59	9.38	1.73	0.94	No significativo
Acetato de etilo	2.82	3.01	2.71	2.58	3.28	3.04	1.23	0.57	No significativo
1-Propanol, 2-metil-	2.89	0.21	0.47	0.53	0.8	1.02	1.23	0	Lineal ↓PA
Ácido propanoico, 2-metil-, éster etílico	4.06	0.25	0.29	0.38	0.56	0.7	1.15	0	Lineal ↓PA
1-Butanol, 3-metil-, formiato	3.78	5.63	5.8	5.88	7.64	7.92	1.24	0.58	No significativo
1-Butanol, 3-metil-	3.82	0	0	0.45	1.3	1.95	1.34	0	Antagónico
Ciclotrisiloxano, hexametil-	4.79	0.52	0.34	1.08	0.77	1.35	1.31	0.77	No significativo
Ácido butanoico, 3-metil-, éster etílico	5.26	0.07	0.1	0.15	0.31	0.4	1.10	0	Antagónico
(2R,5S) -2-Metil-5-(prop-1-en-2-il) -2-viniltetrahidrofurano	7.61	0.5	0.46	0.34	0.24	0.04	1.20	0	Sinérgico
Linalool	8.99	3.21	2.85	2.13	1.72	0.43	2.10	0	Sinérgico
1,5,7-Octatrien-3-ol, 3,7-dimetil-	9.07	1.92	1.68	1.28	0.76	0	1.71	0	Sinérgico
Alcohol feniletílico	9.26	1.54	1.75	2.22	3.25	3.78	1.61	0	Lineal ↓PA
2H-Pirano, 3,6-dihidro-4-metil-2-(2-metil-1-propenil) -	9.84	0.8	0.71	0.52	0.37	0.1	1.42	0	Sinérgico
Ácido hexanoico, éster 1-etenil-1,5-dimetil-4-hexenílico	10.05	1.62	1.6	1.29	1.31	0	1.84	0	Sinérgico
Ácido octanoico	10.12	0.64	1.23	1.1	1.47	1.6	1.14	0.01	Lineal ↓PA
Ácido octanoico, éster etílico	10.34	8.92	9.41	7.14	10.83	9.53	1.63	0.48	No significativo
Citronellol	10.86	2.22	1.94	1.44	1.03	0.29	1.93	0	Sinérgico
Geraniol	11.24	1.49	1.26	0.89	0.58	0.09	1.85	0	Sinérgico
Ácido acético, éster 2-feniletílico	11.33	0.88	1.1	1.69	1.91	2.03	1.46	0	Lineal ↓PA
Éter etílico de geranilo 1	11.68	1.51	1.39	1.03	0.75	0	1.62	0	Sinérgico
2,6-Octadieno, 2,6-dimetil-	12.56	0.01	0.19	0.24	0.13	0	1.30	0	Sinérgico
6-Octen-1-ol, 3,7-dimetil-, acetato	12.56	0.44	0.19	0	0	0	1.45	0	Antagónico
Ácido decanoico, éster etílico	13.1	16.52	16.56	15.39	17.22	16.35	1.76	0.78	No significativo
Ácido dodecanoico, éster etílico	15.55	8.06	7.96	8.4	9.09	8.76	1.40	0.91	No significativo
1,4-dibutilbenceno-1,4-dicarboxilato	19.57	0.64	0	0	1.2	2.02	1.24	0	Antagónico

Nota. La tabla incluye los 25 compuestos con mayor VIP identificados por GC–MS. Los valores corresponden a la media de abundancia relativa expresada como porcentaje de área cromatográfica. De estos, 18 cumplen el triple criterio de selección (VIP ≥ 1,0; q-FDR < 0,05; patrón químico interpretable) y son considerados compuestos discriminantes; los cuatro clasificados como "No significativo" se incluyen por pertenecer al top 25 VIP pero no cumplen q-FDR < 0,05.

Figura 25

Perfil discriminante de compuestos volátiles en mezclas PA/PNA mediante PLS-DA y puntuación VIP.



Nota. El panel A muestra la distribución de las muestras en el modelo PLS-DA construido a partir de la matriz GC–MS de 50 observaciones y 83 compuestos volátiles, previamente transformada y escalada. Las elipses representan el agrupamiento de cada mezcla PA/PNA al 95 % de confianza y las estrellas indican los centroides de cada tratamiento. El modelo fue ajustado con tres componentes latentes y presentó una exactitud de entrenamiento de 78,0 %, una exactitud balanceada mediante validación cruzada leave-one-out de 50,0 % y una discriminación significativa frente a la distribución nula obtenida por permutación ($p < 0,001$; $n = 500$; media nula = 13,8 %). El panel B presenta los 25 compuestos con mayor valor VIP, coloreados según el patrón polinómico identificado: sinergia, antagonismo o tendencia lineal. El borde negro resalta los 18 compuestos que cumplieron el triple criterio de selección: VIP ≥ 1,0, q-FDR < 0,05 y patrón biológico interpretable. Las líneas verticales indican los umbrales VIP = 1,0 y VIP = 1,5. PA: Pisco aromático Italia; PNA: Pisco no aromático Negra Criolla; VIP: variable importance in projection; FDR: false discovery rate; LOO-CV: leave-one-out cross-validation. Adaptado del análisis estadístico de la matriz GC–MS.

4.1.2. Análisis GC–O

El análisis GC–O mostró que 14 zonas odorantes superaron el umbral de relevancia MF ≥ 30 % en al menos una de las mezclas PA/PNA (Figura 26). Las familias con mayor respuesta olfatométrica fueron frutas tropicales (MF máximo = 100 %), seguida de floral y amaderado (ambas con 92,2 %), frutas blancas (80,3 %), terroso y tostado (65,7 %). El ajuste polinómico identificó dos comportamientos antagónicos significativos: Químico ($p < 0,001$; $\beta_2 = +1,8 \times 10^{-3}$), con mínimo interno en PA = 6 %, y Alcohólico ($p = 0,039$; $\beta_2 = +6,1 \times 10^{-3}$), con mínimo en PA = 31 %. Se observaron sinergias tendenciales en floral ($\beta_2 = -4,8 \times 10^{-3}$; PA óptimo ≈ 55 %) y amaderado ($\beta_2 = -8,0 \times 10^{-3}$; PA óptimo ≈ 47 %), ambas con p cuadrático < 0,10. Finalmente, cítricos presentó una tendencia lineal creciente con el incremento de PA ($p = 0,067$).

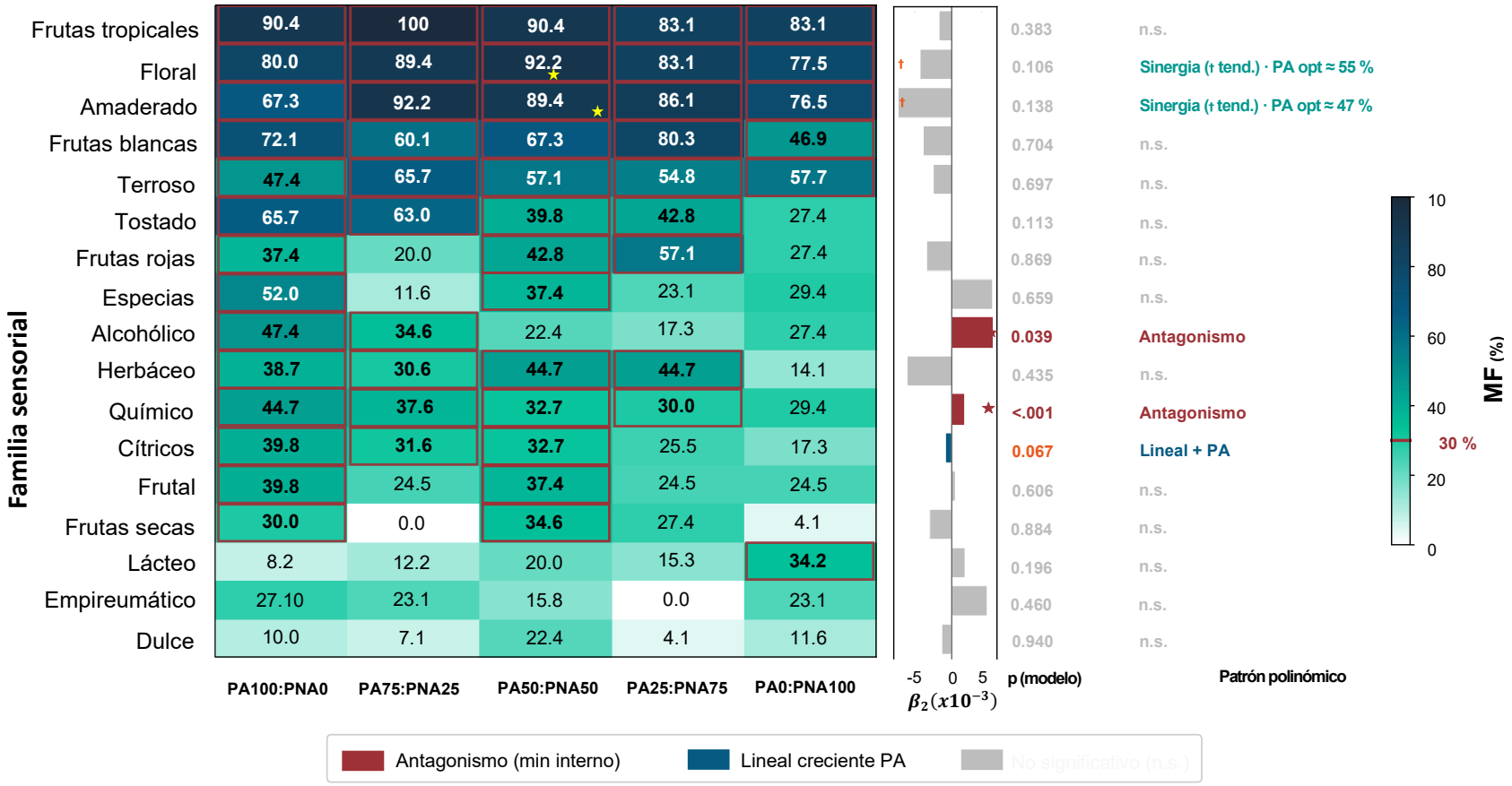
Estos resultados indican que el perfil odorante de las mezclas PA/PNA no estuvo dominado por una sola familia, sino que varió según la proporción de ambos Piscos. La atenuación de las familias químico y alcohólico en proporciones específicas sugiere que la mezcla redujo los descriptores menos favorables. Químico alcanzó su mínimo con una proporción muy baja de PA (6 %), mientras que Alcohólico lo hizo en proporciones intermedias (31 %), lo que indica que ambas familias responden de forma diferencial a la composición de la mezcla. Las sinergias tendenciales de Floral y Maderado en proporciones cercanas al equilibrio (PA ≈ 55 % y PA ≈ 47 %, respectivamente) indican que estas mezclas intermedias potenciaron atributos positivos más allá de una dilución lineal. El incremento de cítrico con la proporción de PA refuerza su asociación directa con el carácter terpénico del Pisco Italia.

Estos hallazgos son coherentes con lo reportado en estudios de Pisco. La técnica GC–O permite identificar zonas odorantes que contribuyen al aroma percibido aun cuando no correspondan a los compuestos más abundantes (Brattoli et al., 2013; Zellner et al., 2008). Cacho et al., (2012) reportaron que el Pisco Italia presenta compuestos odorantes asociados a

atributos florales, frutales y cítricas derivadas principalmente de terpenos varietales como linalool y geraniol, mientras que Moncayo et al., (2014) evidenciaron diferencias olfatométricas significativas entre variedades aromáticas y no aromáticas, con mayor frecuencia de detección de familias frutales y florales en Piscos aromáticos, lo que concuerda con la mayor respuesta de frutas tropicales, floral, frutas blancas y cítricos en mezclas con mayor proporción de PA. En cuanto a la atenuación de la familia Alcohólico, Cacho et al., (2013a) demostraron en Pisco de variedades no aromáticas que los alcoholes superiores, particularmente el isoamil alcohol y el alcohol fenetílico, dominan el perfil olfatométrico de Negra Criolla y determinan su carácter neutro con escasa expresión del atributo frutal; este mecanismo explica que la reducción proporcional de PNA en las mezclas haya favorecido la expresión de las familias frutales y florales en proporciones con mayor contenido de PA. Asimismo, Palma et al. (2025) señalaron que el ácido acético, presente principalmente en Piscos de variedades no aromáticas y con descriptor vinagre, puede enmascarar la expresión frutal cuando se encuentra en concentraciones elevadas, mecanismo análogo al antagonismo observado en la familia químico de las mezclas PA/PNA. Las sinergias de floral y amaderado son consistentes con lo señalado por De-La-fuente-blanco & Ferreira (2020), quienes indicaron que la percepción aromática en destilados de uva depende de la interacción entre odorantes y no solo de su presencia individual, y con los vectores aromáticos descritos por Ferreira (2020), donde los compuestos con descriptores similares actúan como familias funcionales cuya respuesta depende del balance de la matriz.

Figura 26

Perfil olfatométrico de familias sensoriales en mezclas de PA/PNA.



Nota. El mapa de calor muestra la Frecuencia Modificada (MF, %) de 17 familias sensoriales detectadas por GC–O en cinco mezclas PA/PNA. Las filas corresponden a las familias sensoriales, ordenadas de acuerdo con su MF máximo, y las columnas representan las proporciones de mezcla PA100:PNA0, PA75:PNA25, PA50:PNA50, PA25:PNA75 y PA0:PNA100. Los recuadros resaltan las celdas con MF ≥ 30 %, considerado como umbral de relevancia odorante. Los paneles laterales presentan el ajuste polinómico cuadrático aplicado a cada familia, incluyendo el coeficiente β_2, el p-valor del modelo y la clasificación del patrón de respuesta. Valores β_2 negativos indican sinergia, asociada a máximos internos, mientras que valores β_2 positivos indican antagonismo, asociado a mínimos internos. Las marcas sobre Floral y Maderado señalan las proporciones óptimas estimadas para las sinergias tendenciales. PA: Pisco aromático Italia; PNA: Pisco no aromático Negra Criolla; MF: Frecuencia Modificada; β_2: coeficiente cuadrático del modelo polinómico.

4.2. Perfil sensorial dinámico de las mezclas (objetivo 2)

4.2.1. *Dominancia temporal de atributos sensoriales*

El análisis TDS mostró que la dominancia de los atributos sensoriales varió según la proporción de PA y PNA a lo largo de las tres fases de evaluación (Figura 27). Durante la fase de aroma (0-20 s), PA100:PNA0 presentó dominancia de atributos como uva, afrutado, dulce y floral; PA75:PNA25 mostró una secuencia similar, aunque con mayor participación de amaderado en la fase residual. En la fase de sabor (20-50 s), estos atributos continuaron apareciendo en ambas muestras con menor duración. PA50:PNA50 mostró un comportamiento equilibrado, con alternancia de pasas, amaderado, amargo y astringente entre la fase de sabor y la residual. En cambio, PA25:PNA75 y PA0:PNA100 presentaron mayor permanencia de amaderado, amargo, astringente, herbáceo y manzana durante la fase residual (50-150 s), con escasa dominancia de atributos aromáticos en las fases iniciales.

Estos resultados indican que la proporción PA/PNA no solo modificó el tipo de atributo percibido, sino también su orden de aparición y duración durante la degustación. La dominancia temprana de atributos frutales, dulces y florales en las mezclas con mayor PA (0-50 s) sugiere que estos atributos captaron la atención del panel de forma temprana y con menor persistencia. En contraste, el incremento de PNA favoreció atributos que mantuvieron la atención del evaluador durante la fase residual (50-150 s), especialmente amargor, astringencia y herbáceo. La muestra PA50:PNA50 representó un punto intermedio, combinando atributos aromáticos iniciales con sensaciones persistentes en el residual, sin que ningún grupo dominara claramente sobre el otro. Esta dinámica evidencia que el perfil sensorial de las mezclas evolucionó progresivamente a lo largo de la evaluación según la proporción de cada Pisco base.

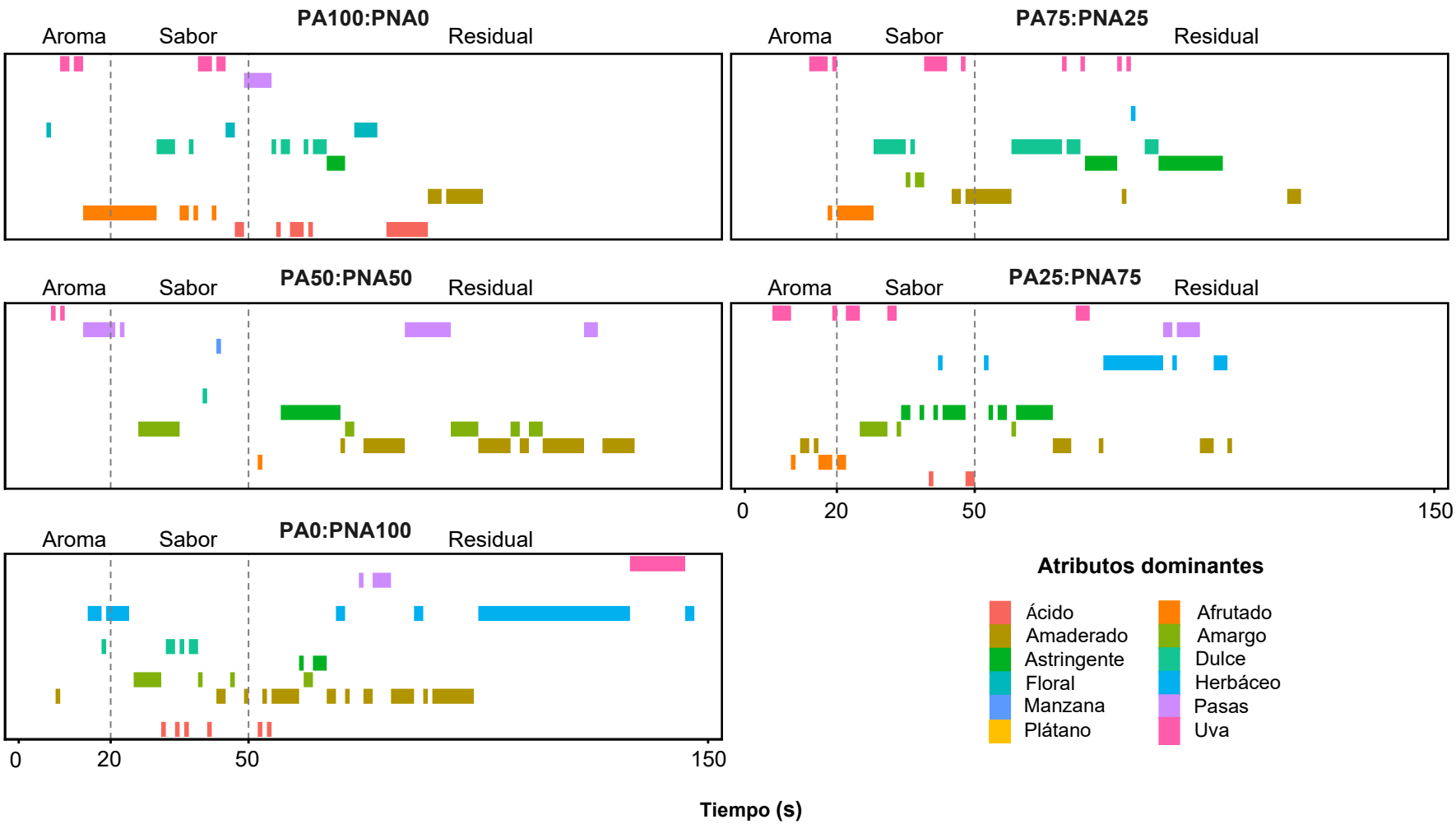
Este comportamiento es coherente con lo reportado en estudios de Pisco y bebidas vínicas. Cacho et al., (2012) y Moncayo et al., (2014), describieron que el perfil sensorial de Piscos aromáticos está influenciado

por odorantes de origen varietal asociados a notas florales y frutales, lo que explica la mayor expresión inicial de estos atributos en las mezclas con mayor proporción de PA. En contraste, Cacho et al. (2013a) señalaron que los Piscos no aromáticos presentan mayor participación relativa de alcoholes superiores, ésteres y ácidos, compuestos que contribuyen a sensaciones de fondo y mayor persistencia. Esta transición es coherente con estudios sensoriales temporales en Vinos, en los que la percepción cambia durante el consumo y permite diferenciar productos por atributos como el ácido, el amargo y el astringente (Meillon et al., 2009; Silva et al., 2018). Asimismo, García-Estévez et al., (2017) y Soares (2015), señalaron que el amargor y la astringencia son sensaciones relevantes en la percepción residual de bebidas vínicas por su persistencia y su efecto sobre la sensación oral, lo que es consistente con la mayor permanencia de estos atributos en PA25:PNA75 y PA0:PNA100.

La diferenciación temporal entre las fases puede interpretarse desde la perspectiva de la evaluación sensorial dinámica. El TDS permite registrar no solo qué atributos son percibidos, sino también cuándo y durante cuánto tiempo dominan la atención del evaluador, información que los métodos estáticos no pueden capturar (Pineau et al., 2009). Pierguidi et al. (2021) demostraron en bebidas alcohólicas que esta metodología describe con precisión la secuencia y evolución de los atributos dominantes durante el consumo. En el presente estudio, la mayor proporción de PNA se asoció con una mayor permanencia de los atributos amaderado, amargo y astringente en la fase residual, lo que sugiere que la composición volátil de la Negra Criolla modula la persistencia de dichas sensaciones durante la degustación. Por tanto, la secuencia temporal observada confirma que la proporción PA/PNA definió no solo los atributos percibidos, sino también su jerarquía y persistencia durante la degustación, sustentando el TDS como herramienta complementaria al análisis instrumental.

Figura 27

Dominancia temporal de atributos sensoriales en las muestras evaluadas



Nota. La figura representa la secuencia temporal de atributos dominantes durante la evaluación sensorial de las mezclas PA/PNA. Las barras indican los intervalos en los que cada atributo fue percibido como dominante. El tiempo total de evaluación fue de 150 s, dividido en tres fases: aroma de 0 a 20 s, sabor de 20 a 50 s y residual de 50 a 150 s. PA: Pisco aromático Italia; PNA: Pisco no aromático Negra Criolla; TDS: Dominancia Temporal de Sensaciones.

4.2.2. *Análisis del perfil sensorial mediante MFA*

El análisis factorial múltiple permitió representar la relación entre las mezclas PA/PNA y los atributos sensoriales evaluados en aroma, sabor y residual (Figura 28). Las dos primeras dimensiones explicaron el 64,78 % de la variabilidad total, con 41,41 % para la Dimensión 1 y 23,37 % para la Dimensión 2. En el mapa de muestras se observó una distribución diferenciada entre tratamientos: PA100:PNA0 se ubicó en el cuadrante inferior derecho, PA75:PNA25 en el lado izquierdo, PA50:PNA50 cerca de la zona central, PA25:PNA75 en la parte inferior del plano y PA0:PNA100 en el cuadrante superior derecho. En el círculo de correlaciones, los atributos asociados a sensaciones aromáticas, dulces y frutales se orientaron en direcciones opuestas a los atributos de carácter residual, como herbáceo, ácido, amargo, astringente y amaderado, evidenciando perfiles sensoriales contrastantes entre las mezclas.

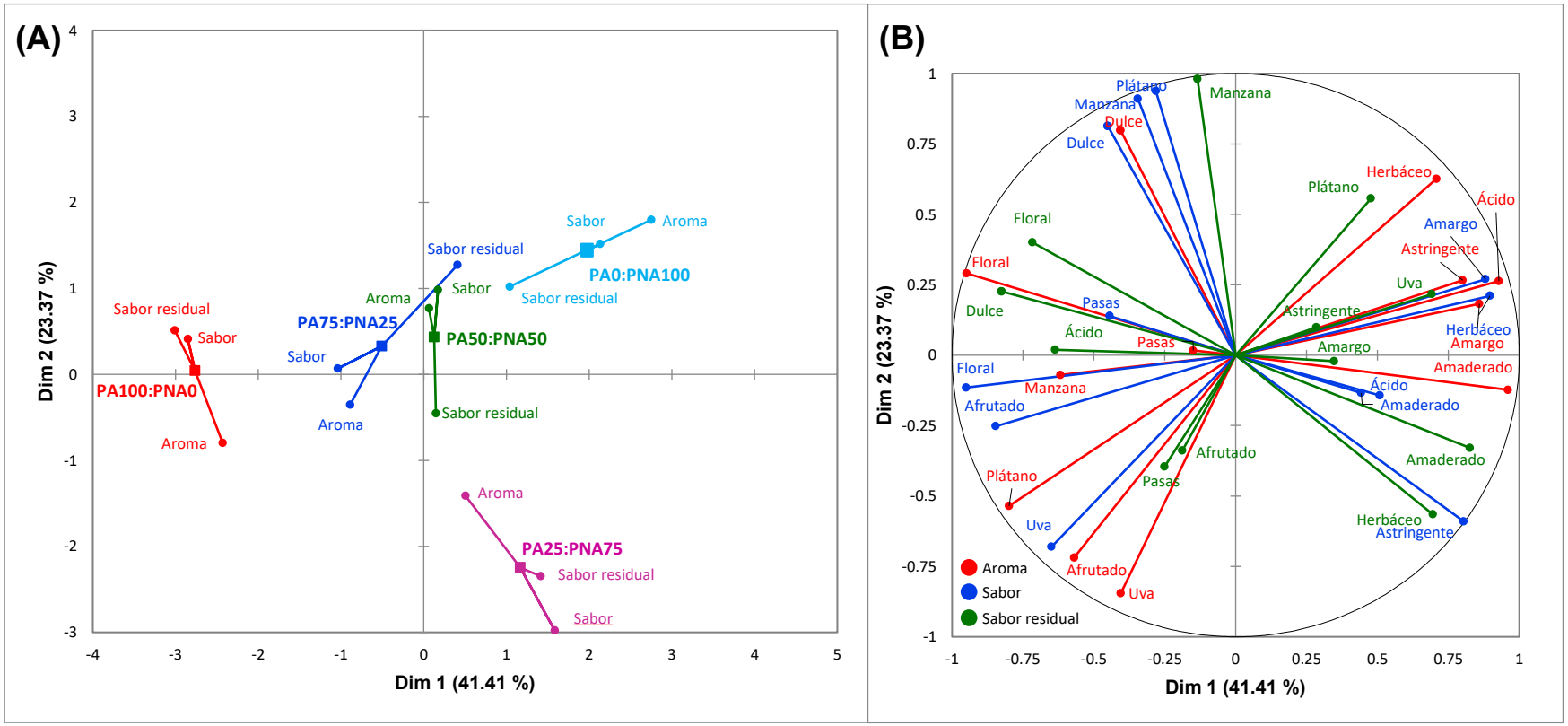
Estos resultados indican que la proporción PA/PNA influyó en la configuración sensorial de cada tratamiento de forma particular. PA100:PNA0 se asoció con atributos vinculados al carácter aromático del Pisco Italia, mientras que PA0:PNA100 se diferenció por atributos propios del Pisco Negra Criolla. La posición central de PA50:PNA50 refleja una mezcla sin predominio claro de ningún grupo de atributos, lo que es coherente con el comportamiento equilibrado observado en el TDS. PA25:PNA75 presentó una posición más alejada del centro, indicando una mayor influencia de los atributos residuales en su perfil sensorial. Esta distribución confirma que las mezclas no siguieron una transición lineal entre los Piscos puros, sino que cada proporción generó una configuración sensorial propia, con atributos de aroma y residual orientados en dimensiones claramente diferenciadas en el espacio factorial.

La separación observada en el espacio MFA concuerda con estudios donde este método permite relacionar la posición de los productos con los atributos responsables de su diferenciación. Escofier & Pagb. (1994),

propusieron el MFA para analizar simultáneamente varios grupos de variables sobre los mismos individuos, y Pagès. (2005), lo aplicó en Vinos blancos para interpretar distancias sensoriales entre productos, demostrando su utilidad para integrar información de múltiples fases de evaluación en un único espacio factorial. En este sentido, la capacidad del MFA para integrar las tres fases de evaluación aroma, sabor y residual como grupos independientes de variables resultó especialmente pertinente para las mezclas PA/PNA, ya que cada fase contribuyó de forma diferencial a la separación de los tratamientos. Nguyen et al., (2018) demostraron que la elección del método temporal influye en la caracterización de productos, ya que cada enfoque describe de forma distinta la evolución de los atributos durante el consumo, lo que refuerza la pertinencia de integrar TDS y MFA para caracterizar el perfil sensorial dinámico de las mezclas. Asimismo, Visalli & Galmarini. (2024), señalaron que los métodos temporales descriptivos permiten registrar la percepción en el momento en que las sensaciones son experimentadas, enriqueciendo la interpretación factorial al incorporar la dimensión temporal del perfil sensorial. Por tanto, la separación entre perfiles aromáticos y residuales en las mezclas PA/PNA confirma que el perfil sensorial dependió de la interacción entre ambos Piscos base y no de una dilución proporcional entre ellos, siendo el MFA una herramienta adecuada para visualizar estas diferencias de forma integrada.

Figura 28

Relación entre muestras y atributos sensoriales mediante análisis factorial múltiple



Nota. El panel izquierdo presenta la distribución de las mezclas PA/PNA en el espacio factorial definido por las dos primeras dimensiones del MFA, las cuales explican el 41,41 % y 23,37 % de la variabilidad, respectivamente. El panel derecho muestra el círculo de correlaciones de los atributos sensoriales evaluados en las fases de aroma, sabor y residual. La dirección y longitud de los vectores indican su asociación con las dimensiones del modelo. PA: Pisco aromático Italia; PNA: Pisco no aromático Negra Criolla; MFA: análisis factorial múltiple; A: aroma; S: sabor; R: residual.

4.3. Aceptación sensorial y DTA (objetivo 3)

4.3.1. *Aceptación sensorial*

La aceptación sensorial de las mezclas PA/PNA mostró una tendencia decreciente conforme aumentó la proporción de PNA Negra Criolla (Figura 29). PA100:PNA0 obtuvo el mayor promedio de aceptación con 6,76 (grupo "a"), seguido de PA75:PNA25 (6,33) y PA50:PNA50 (6,18). PA25:PNA75 y PA0:PNA100 presentaron los promedios más bajos, con 6,01 y 5,80, respectivamente. PA100:PNA0 difirió significativamente de PA25:PNA75 y PA0:PNA100, mientras que PA75:PNA25 y PA50:PNA50 no se diferenciaron claramente de los grupos extremos.

Estos resultados indican que el Pisco aromático Italia favoreció la aceptación sensorial, mientras que el incremento de PNA la redujo gradualmente. La diferencia entre los extremos PA100:PNA0 (6,76) y PA0:PNA100 (5,80) representa una caída de 0,96 puntos en la escala de nueve puntos (14,2 % del rango total), lo que constituye una diferencia perceptualmente relevante. Sin embargo, las caídas de PA75:PNA25 y PA50:PNA50 respecto al máximo fueron de solo 0,43 y 0,58 puntos, lo que sugiere que existe un umbral de tolerancia hacia la incorporación de PNA, más allá del cual la aceptación decrece de forma más pronunciada, con implicancia tecnológica directa para formulaciones que busquen equilibrar disponibilidad y calidad sensorial.

La tendencia hedónica obtenida es consistente con estudios en bebidas vínicas donde la preferencia del consumidor se asocia con perfiles aromáticos agradables y un equilibrio adecuado de las sensaciones en boca. Thomas et al. (2014) y Ares et al., (2017), señalaron que los atributos dominantes durante la degustación actúan como impulsores de agrado o desagrado, complementando la interpretación de una escala hedónica global. Niimi et al., (2017), reportaron que la astringencia puede influir negativamente en la respuesta hedónica, mientras que Soares (2015) y Laguna & Sarkar. (2017), describieron que el amargor y la astringencia

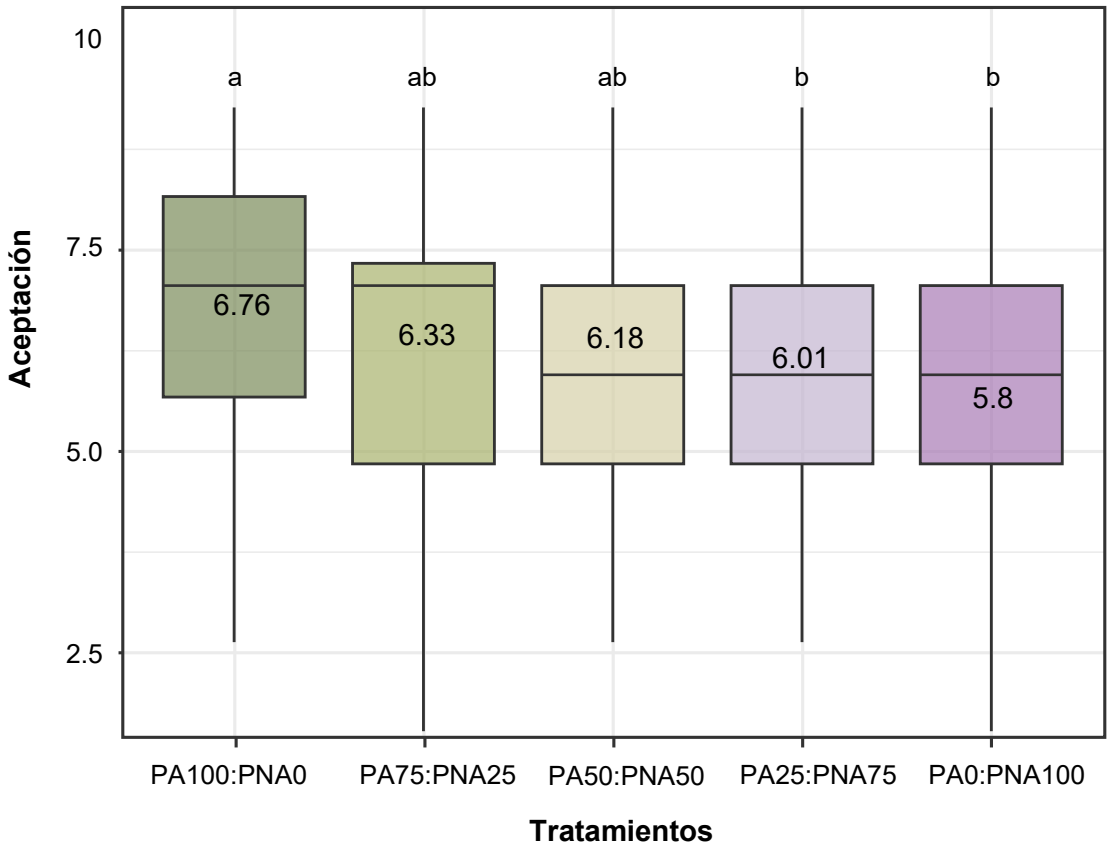
impactan la percepción oral y la preferencia por su persistencia e interacción con la saliva. La disminución progresiva de la aceptación en las mezclas con mayor proporción de PNA puede interpretarse como resultado de un menor equilibrio entre atributos aromáticos agradables y sensaciones residuales persistentes, en línea con lo reportado por Cacho et al., (2013a) y Napa-Almeyda et al., (2023), quienes indicaron que las mezclas controladas entre variedades aromáticas y no aromáticas pueden equilibrar el perfil sensorial del Pisco peruano.

La variación en los puntajes hedónicos sugiere además que la respuesta del consumidor no es linealmente proporcional a la composición de la mezcla, sino que responde de manera compleja a la interacción entre sus componentes. Este comportamiento es coherente con lo señalado por Lawless & Heymann. (2010), quienes indican que la respuesta hedónica depende de la integración de múltiples señales sensoriales procesadas de manera holística. En ese marco, Harwood et al., (2020), observaron un comportamiento análogo en rones con diferente perfil etílico, donde la preferencia del consumidor se mantuvo relativamente constante dentro de un rango de variación composicional pero declinó significativamente al superar determinados umbrales de atributos residuales, lo que respalda que la caída más marcada entre PA50:PNA50 y PA0:PNA100 responda a un efecto de umbral y no a una simple dilución del carácter aromático varietal. Este patrón de respuesta hedónica no lineal tiene implicancias relevantes para la interpretación de los resultados, ya que indica que la aceptación del consumidor es sensible no solo a la presencia de atributos agradables, sino también al momento en que estos son desplazados por sensaciones residuales persistentes durante la degustación. En ese sentido, la escala hedónica utilizada captura el agrado global del producto, pero no la secuencia temporal de sensaciones que lo determinan, razón por la cual su interpretación se enriquece sustancialmente cuando se complementa con el análisis de DTA, tal como proponen Pineau & Schlich. (2023), quienes señalan que la integración de ambas metodologías permite identificar con

mayor precisión qué atributos, y en qué momento del consumo, son determinantes para la preferencia del consumidor.

Figura 29

Aceptación sensorial de mezclas de Pisco aromático Italia y Pisco no aromático Negra Criolla



Nota. El gráfico muestra la distribución de los puntajes de aceptación sensorial de las mezclas PA/PNA evaluadas en escala hedónica. Los valores dentro de cada caja representan el promedio de aceptación de cada tratamiento. Las letras sobre las cajas indican diferencias significativas entre tratamientos; tratamientos que comparten al menos una letra no presentan diferencias significativas. PA: Pisco aromático Italia; PNA: Pisco no aromático Negra Criolla.

4.3.2. *Determinantes temporales de agrado*

El mapa de calor DTA mostró que los atributos dulce, plátano, afrutado, floral, uva y pasas presentaron valores positivos en todas las mezclas PA/PNA, indicando una asociación favorable con el agrado cuando fueron dominantes (Figura 30). El atributo dulce fue el principal determinante positivo, con valores de 1,17 en PA100:PNA0, 0,74 en PA75:PNA25, 0,33 en PA50:PNA50, 0,64 en PA25:PNA75 y 0,87 en PA0:PNA100. También

destacaron plátano en PA100:PNA0 y PA75:PNA25 (0,93 y 0,72), afrutado en PA50:PNA50 y PA0:PNA100 (0,63 y 0,61), y floral en PA0:PNA100 y PA100:PNA0 (0,72 y 0,52). En contraste, ácido, herbáceo, astringente y amargo mostraron valores negativos en todos los tratamientos, siendo ácido el de mayor efecto desfavorable, especialmente en PA75:PNA25 (-1,31) y PA100:PNA0 (-1,29). Amaderado presentó valores negativos en la mayoría de las muestras, excepto en PA25:PNA75 (0,10), mientras que manzana mostró un comportamiento variable entre tratamientos.

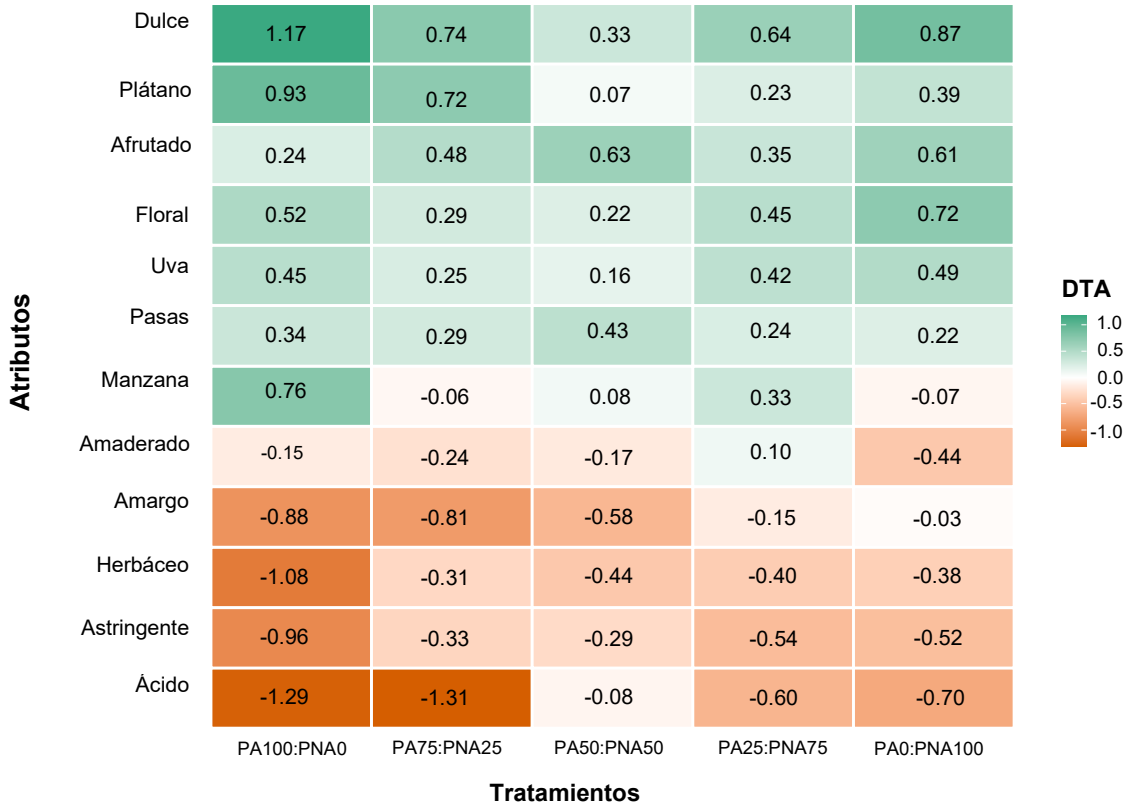
Estos resultados indican que la aceptación de las mezclas estuvo favorecida por atributos de carácter dulce, frutal y floral, mientras que disminuyó cuando dominaron sensaciones ácidas, herbáceas, amargas o astringentes. La respuesta positiva de dulce en todos los tratamientos indica que fue un impulsor general del agrado, independientemente de la proporción PA/PNA. Por el contrario, el efecto negativo de ácido, herbáceo, astringente y amargo muestra que estas sensaciones redujeron el agrado cuando fueron dominantes. En ese sentido, el DTA no debe interpretarse como una medida de intensidad del atributo, sino como el efecto que tuvo su dominancia sobre el agrado del consumidor, lo que permite una lectura más precisa de los factores hedónicos que los métodos estáticos no capturan.

El comportamiento observado es consistente con estudios de agrado temporal donde la aceptación no depende únicamente de la valoración global, sino de las sensaciones que dominan durante el consumo. Thomas et al., (2014), reportaron que los determinantes temporales de agrado permiten identificar la secuencia de atributos que favorecen o reducen la preferencia, mientras que Carr & Lesniauskas. (2016), señalaron que los atributos dominantes actúan como impulsores positivos o negativos del agrado según su permanencia durante la evaluación. Ares et al., (2017), indicaron que los perfiles sensoriales dinámicos permiten reconocer atributos asociados con agrado y desagrado, especialmente cuando existen diferencias claras entre muestras. La asociación positiva de dulce, frutal y floral concuerda con la

tendencia observada en bebidas donde las sensaciones agradables de entrada favorecen la respuesta hedónica, mientras que la asociación negativa de ácido, herbáceo, amargo y astringente coincide con lo descrito para atributos persistentes que reducen la aceptación cuando dominan la degustación (Nguyen et al., 2018; Pineau et al., 2009). Por tanto, el DTA confirmó que la preferencia por las mezclas PA/PNA estuvo condicionada por la dominancia temporal de atributos favorables y desfavorables, y no solo por su presencia en el perfil sensorial.

Figura 30

Determinantes temporales de agrado de atributos sensoriales en PA/PNA.



Nota. El mapa de calor muestra los valores de DTA para cada atributo sensorial en las mezclas PA/PNA. Los valores positivos indican atributos asociados con mayor agrado durante su dominancia, mientras que los valores negativos indican atributos asociados con menor agrado. PA: Pisco aromático Italia; PNA: Pisco no aromático Negra Criolla; DTA: determinantes temporales de agrado.

4.4. Relación entre compuestos volátiles, atributos dominantes y aceptación sensorial (objetivo 4)

En la Figura 31 se observa una asociación exploratoria entre las variables químicas, sensoriales y hedónicas en función de la proporción PA/PNA. Los compuestos linalool, citronelol, geraniol, β-mirceno y éter etílico de geranilo 1 se asociaron positivamente con los atributos Dulce, Afrutado y floral, así como con la aceptación, lo que indica que el perfil volátil característico del Pisco Italia coincidió con los atributos mejor valorados por los consumidores. En cambio, alcohol feniletílico, 1-propanol 2-metil, éster 2-feniletílico del ácido acético, 1-hexanol, éster etílico del ácido butanoico 3-metil y 1-butanol 3-metil se relacionaron negativamente con la aceptación y positivamente con los atributos Amaderado, Amargo y Herbáceo, atributos más vinculados con mezclas de mayor proporción de PNA.

Este resultado indica que la aceptación no estuvo determinada por un solo compuesto ni por un atributo aislado, sino por la coincidencia entre composición volátil y dominancia sensorial. Las mezclas con mayor proporción de PA concentraron compuestos terpénicos de origen varietal cuya presencia relativa coincidió con la dominancia de atributos de carácter dulce, floral y frutal durante la degustación, generando una respuesta hedónica más favorable. En contraste, el incremento de PNA desplazó ese equilibrio hacia compuestos fermentativos asociados con atributos residuales persistentes como amaderado, amargo y herbáceo, lo que explica la reducción progresiva del agrado. Esta dinámica sugiere que no es la cantidad absoluta de un compuesto lo que define la preferencia del consumidor, sino el balance entre los vectores aromáticos que compiten por dominar la percepción a lo largo de la degustación, siendo la mezcla PA50:PNA50 el punto de inflexión en que ambos perfiles coexisten sin que ninguno domine claramente.

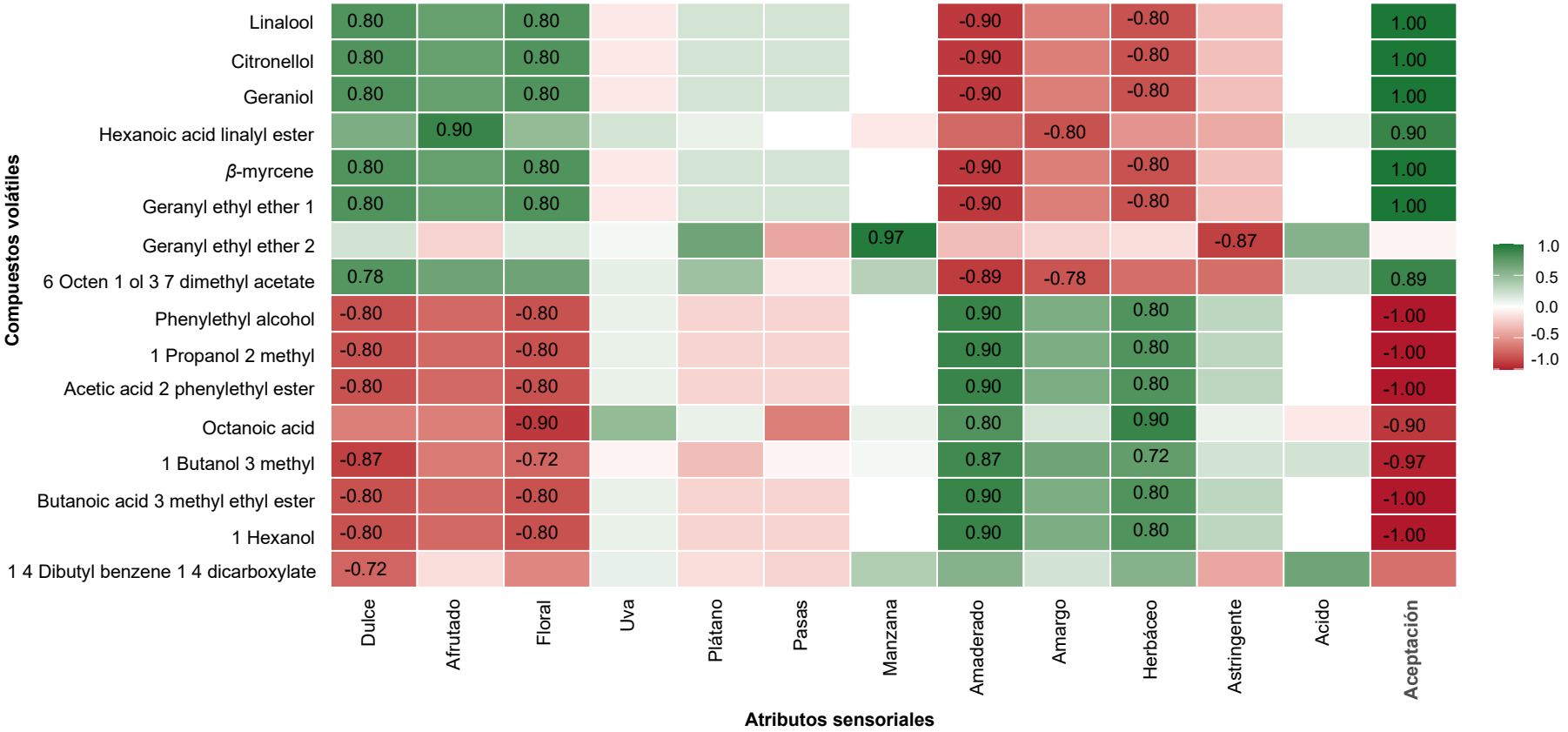
Este comportamiento coincide con estudios en Pisco peruano donde la composición volátil difiere entre variedades aromáticas y no aromáticas,

generando perfiles sensoriales contrastantes (Cacho et al., 2012, 2013a; Moncayo et al., 2014). Ferreira et al., (2022) proponen que la calidad sensorial percibida surge de la suma de vectores aromáticos varietales y fermentativos, donde los terpenos aportan matices frutales y florales asociados con mayor preferencia, mientras que los alcoholes superiores y ácidos grasos volátiles tienden a generar notas residuales menos valoradas, patrón que se reproduce en las mezclas PA/PNA evaluadas. Cabe precisar que la asociación entre un compuesto volátil y un atributo sensorial no implica una relación causal directa, ya que su efecto resulta de interacciones dentro de la matriz etanólica que pueden potenciar o enmascarar la expresión aromática de cada compuesto. En esa línea, De-la-Fuente-Blanco et al. (2016) demostraron que la fracción no volátil modifica la liberación de compuestos volátiles desde la matriz, lo que sugiere que la expresión aromática de los terpenos pudo verse modulada por la composición de alcoholes y ácidos propios del Pisco Negra Criolla, aspecto que las correlaciones de Spearman no permiten resolver dado el reducido número de tratamientos (n = 5), en línea con la advertencia de Carr & Lesniauskas (2016) sobre la interpretación exploratoria en estudios con tamaño muestral limitado.

Pese a esta restricción, la coincidencia entre los compuestos con mayor VIP en PLS-DA, los atributos con mayor DTA positivo y la aceptación más alta en PA100:PNA0 indica una convergencia consistente entre todas las aproximaciones analíticas empleadas. La integración de GC–MS, GC–O, TDS y DTA, en línea con De-la-Fuente-Blanco et al., (2016) y Le Quéré & Schoumacker (2023), permite vincular la composición volátil con la dinámica perceptual y la respuesta hedónica del consumidor de Pisco, aportando una comprensión más completa que la que ofrecen los análisis estáticos por separado y constituyendo un aporte metodológico transferible al estudio de otras mezclas varietales dentro de la denominación de origen del Pisco peruano.

Figura 31

Correlación entre atributos sensoriales, compuestos volátiles y aceptación en muestras de Pisco



Nota. El mapa de calor muestra los coeficientes de correlación de Spearman entre las señales cromatográficas relativas de los compuestos volátiles identificados mediante GC–MS, los atributos dominantes obtenidos mediante TDS y la aceptación sensorial promedio de las mezclas PA/PNA. Los valores positivos indican asociaciones directas, mientras que los valores negativos indican asociaciones inversas. Solo se muestran los coeficientes con magnitud alta o superior. Debido al número reducido de tratamientos evaluados, las correlaciones se interpretan de manera exploratoria. PA: Pisco aromático Italia; PNA: Pisco no aromático Negra Criolla.

V. CONCLUSIONES

La caracterización por GC–MS y GC–O de las mezclas PA/PNA identificó 18 compuestos discriminantes. Los compuestos con mayor VIP fueron linalool (2,10), citronelol (1,93), geraniol (1,85), éster linálico del ácido hexanoico (1,85), β-mirceno (1,71) y éter etílico de geranilo 1 (1,62), todos asociados a las formulaciones con mayor proporción de PA. La olfatometría detectó 14 zonas odorantes con frecuencia modificada ≥ 30 %, dominadas por las familias frutas tropicales (100 %), floral y amaderado (92,2 %), y frutas blancas (80,3 %). El ajuste polinómico mostró antagonismo en las familias químico y alcohólico, y sinergia en floral (PA óptimo ≈ 55 %) y amaderado (≈ 47 %).

El TDS mostró que la proporción PA/PNA modificó la secuencia temporal de dominancia durante la degustación. Las mezclas ricas en PA presentaron dominancia temprana de uva, afrutado, dulce y floral en las fases de aroma y sabor, mientras que las ricas en PNA mantuvieron amaderado, amargo, astringente y herbáceo en la fase residual. La mezcla PA50:PNA50 marcó un punto de inflexión en el que ambos perfiles coexistieron sin una dominancia clara.

La aceptación disminuyó al aumentar la proporción de PNA, desde 6,76 (PA100:PNA0) hasta 5,80 (PA0:PNA100), lo que representa una caída de 0,96 puntos (14,2% del rango total). Las mezclas con hasta el 50% de PNA no difirieron significativamente de PA100:PNA0. El análisis DTA señaló a dulce, plátano, afrutado, floral, uva y pasas como impulsores positivos del agrado, y a ácido, herbáceo, astringente y amargo como determinantes negativos en todos los tratamientos.

La integración de GC–MS, GC–O, TDS y DTA mediante correlación de Spearman vinculó positivamente linalool, citronelol y geraniol con los atributos dulce, afrutado y floral y con la aceptación del consumidor, mientras que el alcohol feniletílico, el 2-metil-1-propanol y el ácido acético se asociaron negativamente con la aceptación y positivamente con amaderado, amargo y herbáceo.

VI. RECOMENDACIONES

Para validar y generalizar los hallazgos del presente estudio, se recomienda ampliar el diseño experimental incluyendo al menos tres lotes independientes de Pisco Italia y Pisco Negra Criolla de campañas vitivinícolas distintas (mínimo dos años consecutivos) y tres bodegas con procesos estandarizados. El análisis mediante modelo lineal mixto permitirá estimar la contribución del lote, la bodega y la campaña sobre la variabilidad del perfil volátil por GC–MS y de la respuesta hedónica, lo que fortalecerá la aplicabilidad de los resultados en contextos productivos reales.

Dado que las mezclas PA75:PNA25 y PA50:PNA50 presentaron aceptación similar sin diferencias estadísticamente significativas, se recomienda explorar ese rango mediante un diseño de mezclas tipo simplex centroide o D-óptimo (Cornell, 2002), con incrementos de 5 % v/v. La regresión polinómica de Scheffé permitirá modelar la respuesta sensorial y volátil para identificar la formulación óptima dentro de este rango, con potencial aplicación directa en la industria pisquera para formular productos con mejor equilibrio entre disponibilidad de materia prima y calidad sensorial.

Con el fin de confirmar la contribución efectiva de los compuestos discriminantes al aroma del Pisco, se recomienda complementar el análisis GC–MS/O con cuantificación dirigida de los principales compuestos identificados (linalool, citronelol, geraniol, β-mirceno, éster linálico del ácido hexanoico, alcohol feniletílico, 1-propanol 2-metil, éster 2-feniletílico del ácido acético y ácido octanoico) mediante curvas de calibración con estándares internos deuterados. El cálculo del valor de actividad de olor (OAV ≥ 1) según el criterio de Grosch, (2001) permitirá jerarquizar los compuestos de mayor impacto real sobre el aroma y orientar estrategias de control de calidad basadas en marcadores químicos específicos.

Con el propósito de entender mejor la diversidad de preferencias del consumidor, se recomienda extender el estudio sensorial a un panel de al

menos 100 consumidores estratificados por frecuencia de consumo, expertise enológica y preferencia varietal. La incorporación de técnicas complementarias como TCATA y Free Comment, junto con segmentación mediante k-means o análisis jerárquico, permitirá identificar grupos diferenciados de preferencia y validar la robustez de los DTA identificados, siguiendo los enfoques propuestos por Sáenz -Navajas et al., (2016) y Ares et al., (2017).

Finalmente, para interpretar de forma mecanistica las interacciones sinérgicas y antagónicas observadas en las mezclas PA/PNA, se recomienda evaluar el efecto de la fracción no volátil del Pisco Negra Criolla sobre la liberación y persistencia de los terpenos del Pisco Italia mediante experimentos de reconstitución sensorial controlados, siguiendo la aproximación de Sáenz -Navajas et al., (2010). La cuantificación del efecto matriz contribuirá a comprender por qué determinadas proporciones de mezcla generan respuestas sensoriales no lineales y sentará las bases para optimizar futuras formulaciones de Pisco con perfiles aromáticos predecibles y consistentes.

VII. REFERENCIAS

Ares, G., Alcaire, F., Antúnez, L., Vidal, L., Giménez, A., & Castura, J. C. (2017). Identification of drivers of (dis)liking based on dynamic sensory profiles: Comparison of Temporal Dominance of Sensations and Temporal Check-all-that-apply. *Food Research International*, 92, 79-87. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.016

Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6.ª ed.). Episteme

Baudrit, C., Perrot, N., Brousset, J. M., Abbal, P., Guillemin, H., Perret, B., Goulet, E., Guerin, L., Barbeau, G., & Picque, D. (2015). A probabilistic graphical model for describing the grape berry maturity. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 124-135. https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.08.019

Berger, R. G. (2009). Biotechnology of flavours-the next generation. *Biotechnology Letters,* 31(11), 1651-1659. https://doi.org/10.1007/s10529-009-0083-5

Bicas, J. L., Silva, J. C., Dionísio, A. P., & Pastore, G. M. (2010). Biotechnological production of bioflavors and functional sugars. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(1), 7-18. https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000100002

Bordeu, E., Agosín, E., & Casaubon, G. (2012). Pisco: production, flavor chemistry, sensory analysis and product development. *En Alcoholic Beverages* (pp. 331-347). Elsevier. https://doi.org/ 10.1533/9780857095176.3.331

Brattoli, M., Cisternino, E., Dambruoso, P. R., de Gennaro, G., Giungato, P., Mazzone, A., Palmisani, J., & Tutino, M. (2013). Gas chromatography analysis with olfactometric detection (GC-O) as a useful methodology for

chemical characterization of odorous compounds. *Sensors*, 13(12), 16759-16800. https://doi.org/10.3390/s131216759

Burns, S. L., Penfield, M. P., Saxton, A. M., & Luckett, C. R. (2018). Comparison of triangle and tetrad discrimination methodology in an applied manner. *Food Quality and Preference*, 68, 105-112. https://doi.org/ 10.1016/j.foodqual.2018.02.009

Cacho, J., Moncayo, L., Palma, J. C., Ferreira, V., & Culleré, L. (2012). 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., & Culleré, L. (2013a). 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

Cacho, J., Moncayo, L., Palma, J. C., Ferreira, V., & Culleré, L. (2013b). The influence of different production processes on the aromatic composition of Peruvian Piscos. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 3(6), 1-10. https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000245

Culleré, L., Fernández de Simón, B., Cadahía, E., Ferreira, V., Hernández-Orte, P., & Cacho, J. (2013). Characterization by gas chromatography–olfactometry of the most odor-active compounds in extracts prepared from acacia, chestnut, cherry, ash and oak woods. *LWT - Food Science and Technology*, 53(1), 240–248. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.010

Caldeira, I., Vitória, C., Anjos, O., Fernandes, T. A., Gallardo, E., Fargeton, L., Boissier, B., Catarino, S., & Canas, S. (2021). Wine spirit ageing with

chestnut staves under different micro-oxygenation strategies: Effects on the volatile compounds and sensory profile. *Applied Sciences*, 11(9), 3991. https://doi.org/10.3390/app11093991

Carr, B. T., & Lesniauskas, R. O. (2016). Analysis of variance for identifying temporal drivers of liking. *Food Quality and Preference*, 47, 97-100. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.06.022

Chong, I. G., & Jun, C. H. (2005). Performance of some variable selection methods when multicollinearity is present. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems,* 78(1-2), 103-112. https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2004.12.011

CIEN-ADEX. (2025). *Comercial Pisco: Evolución del mercado internacional y nacional*. Centro de Investigación de Economía y Negocios Globales - ADEX.

Cornell, J. A. (2002). *Experiments with mixtures*: Designs, models, and the analysis of mixture data (3.a ed.). Wiley-Interscience.

De-La-Fuente-Blanco, A., & Ferreira, V. (2020). Gas chromatography olfactometry (GC-O) for the (semi)quantitative screening of wine aroma. *Foods*, 9(12), 1892. https://doi.org/10.3390/foods9121892

De-La-Fuente-Blanco, A., Sáenz-Navajas, M. P., & Ferreira, V. (2016). On the effects of higher alcohols on red wine aroma. *Food Chemistry*, 210, 325-334. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.021

Duizer, L. M., Bloom, K., & Findlay, C. J. (1997). Dual-attribute time-intensity sensory evaluation: A new method for temporal measurement of sensory perceptions. *Food Quality and Preference*, 8(4), 261-269. https://doi.org/ 10.1016/S0950-3293(96)00052-3

Escofier, B., & Pagès, J. (1994). Multiple factor analysis (AFMULT package). *Computational Statistics & Data Analysis*, 18(1), 121-140.

https://doi.org/10.1016/0167-9473(94)90135-X

Esmerino, E. A., Castura, J. C., Ferraz, J. P., Tavares Filho, E. R., Silva, R., Cruz, A. G., Freitas, M. Q., & Bolini, H. M. A. (2017). Dynamic profiling of different ready-to-drink fermented dairy products: A comparative study using Temporal Check-All-That-Apply (TCATA), Temporal Dominance of Sensations (TDS) and Progressive Profile (PP). *Food Research International*, 101, 249-258. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.012

Ferreira, V., de la Fuente, A., & Sáenz-Navajas, M. P. (2022). Wine aroma vectors and sensory attributes. *En The Chemistry of Wine* (pp. 183-210). Elsevier. https://doi.org/ 10.3390/foods9121892

Galmarini, M. V., Symoneaux, R., Visalli, M., Zamora, M. C., & Schlich, P. (2016). Could time-intensity by a trained panel be replaced with a progressive profile done by consumers? A case on chewing-gum. F*ood Quality and Preference,* 48, 274-282. https://doi.org/ 10.1016/j.foodqual.2015.10.006

Galmarini, M. V., Visalli, M., & Schlich, P. (2017). Advances in representation and analysis of mono and multi-intake Temporal Dominance of Sensations data. *Food Quality and Preference,* 56, 247-255. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.01.011

García-Estévez, I., Pérez-Gregorio, R., Soares, S., Mateus, N., & De Freitas, V. (2017). Oenological perspective of red wine astringency. *OENO One*, 51(3), 237-249. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.2.1816

Grosch, W. (2001). Evaluation of the key odorants of foods by dilution experiments, aroma models and omission. *Chemical Senses*, 26(5), 533-545. https://doi.org/10.1093/chemse/26.5.533

Harrison, B., Fagnen, O., Jack, F., & Brosnan, J. (2011). The impact of copper in different parts of malt whisky pot stills on new make spirit

composition and aroma. *Journal of the Institute of Brewing*, 117(1), 106-112. https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00450.x

Harwood, W. S., Parker, M. N., & Drake, M. (2020). Influence of ethanol concentration on sensory perception of rums using temporal check-all-that-apply. *Journal of Sensory Studies*, 35(1), e12546. https://doi.org/10.1111/joss.12546

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education

Hatta-Sakoda, B., Guevara-Pérez, A., & Morales-Soriano, E. (2024). Evolution of acetaldehyde, methanol, and furfural in Pisco distillation. *ACS Food Science & Technology*, 4(4), 889-894. https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00627

He, Y., Chen, S., Tang, K., Qian, M., Yu, X., & Xu, Y. (2021). Sensory characterization of Baijiu pungency by combined time-intensity (TI) and temporal dominance of sensations (TDS). *Food Research International,* 147, 110493. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110493

Heymann, H., & Ebeler, S. E. (2016). *Sensory and instrumental evaluation of alcoholic beverages*. Academic Press.

Indecopi. (2006). *Norma Técnica Peruana NTP 211.001: Bebidas alcohólicas. Pisco. Requisitos.* Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. https://www.elPiscoesdelperu.com/boletines/enero2008/NTP21100_Pisco.pdf

Indecopi. (2012). *Reglamento de la Denominación de Origen Pisco*. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.

https://www.indecopi.gob.pe/documents/20195/200722/6+Reglamento_DO-PISCO.pdf

ISO. (2007). I*SO 8589:2007 — Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms* (2.ª ed.). International Organisation for Standardisation.

ISO. (2016). *ISO 13299:2016 - Sensory analysis - Methodology - General guidance for establishing a sensory profile*. International Organisation for Standardisation.

Jack, F. R., Piggott, J. R., & Paterson, A. (1994). Analysis of textural changes in hard cheese during mastication by progressive profiling. *Journal of Food Science*, 59(3), 539-543. https://doi.org/ 10.1111/j.1365-2621.1994.tb05557.x

Kappes, S. M., Schmidt, S. J., & Lee, S. Y. (2006). Color halo/horns and halo-attribute dumping effects within descriptive analysis of carbonated beverages. *Journal of Food Science,* 71(8), S580-S585. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00161.x

Kfoury, N. C., Stuff, J. R., & Whitecavage, J. A. (2021). *Identification of off-odor compounds in paper products using Thin Film Solid Phase Microextraction (TF-SPME) and tdIMS/O* (Application Note 218). GERSTEL.

Labbé, D., Schlich, P., Pineau, N., Gilbert, F., & Martin, N. (2009). Temporal dominance of sensations and sensory profiling: A comparative study. *Food Quality and Preference*, 20(3), 216-221. https://doi.org/ 10.1016/j.foodqual.2008.10.001

Laguna, L., & Sarkar, A. (2017). Oral tribology: Update on the relevance to study astringency in wines. *Tribology - Materials, Surfaces & Interfaces*, 11(2), 78-85. https://doi.org/10.1080/17515831.2017.1347736

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices* (2.a ed.). Springer

Le Quéré, J. L., & Schoumacker, R. (2023). Dynamic instrumental and sensory methods used to link aroma release and aroma perception: A review. *Molecules*, 28(17), 6308. https://doi.org/10.3390/molecules28176308

MacFie, H. J., Bratchell, N., Greenhoff, K., & Vallis, L. V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies*, 4(2), 129-148. https://doi.org/ 10.1111/j.1745-459X.1989.tb00463.x

Marques, C., Correia, E., Dinis, L. T., & Vilela, A. (2022). An overview of sensory characterization techniques: Profiling methods. *Foods*, 11(3), 255. https://doi.org/10.3390/foods11030255

McDonald, S. T., Bolliet, D. A., & Hayes, J. E. (2016). *Chemesthesis: Chemical touch in food and eating. John Wiley & Sons*. https://doi.org/10.1002/9781118951620

Meillon, S., Urbano, C., & Schlich, P. (2009). Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines. F*ood Quality and Preference*, 20(7), 490-499. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.04.006

Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9.ª ed.). John Wiley & Sons

Menevseoglu, A., Aykas, D. P., Hatta-Sakoda, B., & Toledo-Herrera, V. H. (2021). Non-invasive monitoring of ethanol and methanol levels in grape-derived Pisco distillate by vibrational spectroscopy. *Molecules*, 26(22), 6785. https://doi.org/ 10.3390/s21186278

Ministerio de la Producción - PRODUCE. (2026). *Diagnóstico sectorial: Desempeño de la industria pisquera 2025*. Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. https://www.producempresarial.pe/desempeno-de-la-industria-pisquera-mayo-2025-2/

Moncayo, L., Culleré, L., Ferreira, V., & Cacho, J. (2014). Gas chromatography-olfactometric profiles of eight different varieties of Peruvian Pisco spirits. En *Flavour Science* (pp. 221-226). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398549-1.00042-8

Moncayo Martínez, L., Cacho Palomar, J. F., & Culleré Varea, L. (2013). *Caracterización de los Piscos del Perú a través de su composición aromática* [Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza]. ZAGUAN. https://zaguan.unizar.es/record/13513

Mukaka, M. M. (2012). Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient *in medical research. Malawi J*. 2012 Sep;24(3):69-71. PMID: 23638278; PMCID: PMC3576830.

Napa-Almeyda, C. A., Criado, C., Mayta-Hancco, J., Silva-Jaimes, M., Condezo-Hoyos, L., & Pozo-Bayón, M. Á. (2023). Non-Saccharomyces yeast strains, aromatic compounds and sensory analysis of Italy and Negra Criolla Pisco from the Moquegua region of Peru. *Fermentation*, 9(8), 757. https://doi.org/10.3390/fermentation9080757

Nguyen, Q. C., Næs, T., & Varela, P. (2018). When the choice of the temporal method does make a difference: TCATA, TDS and TDS by modality for characterizing semi-solid foods. *Food Quality and Preference*, 66, 95-106. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.01.002

Niimi, J., Danner, L., Li, L., Bossan, H., & Bastian, S. E. P. (2017). Wine consumers' subjective responses to wine mouthfeel and understanding of wine body. *Food Research International*, 99(Pt. 1), 115-122.

https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.015

Pagès, J. (2005). Collection and analysis of perceived product inter-distances using multiple factor analysis: Application to the study of 10 white wines from the Loire Valley. *Food Quality and Preference*, 16(7), 642-649. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.01.006

Palma, J. C., Fabián-Campos, J., Dioses-Morales, J. J., Arias-Durand, A. D., Espinoza-Córdova, G., Gonzales-Uscamayta, M., Rengifo-Maravi, J. C., Chire-Murillo, E. T., Caro Sánchez-Benites, V. A., Jorge-Montalvo, P., & Visitación-Figueroa, L. (2025). Pisco, an Appellation of Origin from Peru: A review. *Heliyon*, 11(3), e42251. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42251

Peña, R. M., Barciela, J., Herrero, C., & García-Martín, S. (2005). Optimization of solid-phase microextraction methods for GC-MS determination of terpenes in wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(7), 1227-1234. https://doi.org/10.1002/jsfa.2121

Penfield, M. P., & Campbell, A. M. (1990). *Experimental food science* (3.a ed.). Academic Press.

Petre, V. A., Cristea, N. I., Cojocaru, V. C., Pascu, L. F., & Chiriac, F. L. (2024). Analysis of Volatile Flavor Compounds in Four Commercial Beverages Using Static Headspace Gas Chromatography/Mass Spectrometry: A Qualitative Approach. *Applied Sciences* (Switzerland), 14(5). https://doi.org/10.3390/app14051910

Pierguidi, L., Spinelli, S., Monteleone, E., & Dinnella, C. (2021). The combined use of temporal dominance of sensations (TDS) and discrete time-intensity (DTI) to describe the dynamic sensory profile of alcoholic cocktails. *Food Quality and Preference*, 93, 104281. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104281

Piggott, J. R. (2000). Dynamism in flavour science and sensory methodology. *Food Research International,* 33(3-4), 191-197. https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00034-X

Pineau, N., de Bouillé, A. G., Lepage, M., Lenfant, F., Schlich, P., Martin, N., & Rytz, A. (2012). Temporal Dominance of Sensations: What is a good attribute list? *Food Quality and Preference*, 26(2), 159-165. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.04.004

Pineau, N., & Schlich, P. (2023). Temporal dominance of sensations (TDS) as a sensory profiling technique. En *Rapid Sensory Profiling Techniques* (pp. 281-320). Elsevier. https://doi.org/10.1533/9781782422587.2.269

Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., Rogeaux, M., Etiévant, P., & Köster, E. (2009). Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time-intensity. Food Quality and Preference, 20(6), 450-455. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.04.005

Rogers, L. (2017). *Discrimination testing in sensory science: A practical handbook*. Woodhead Publishing.

Rogers, L., Hort, J., Kemp, S. E., & Hollowood, T. (2024). *Discrimination testing in sensory evaluation*. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781118635353

Różański, M., Pielech-Przybylska, K., & Balcerek, M. (2020). Influence of alcohol content and storage conditions on the physicochemical stability of spirit drinks. *Foods*, 9(9), 1264. https://doi.org/10.3390/foods9091264

Sáenz-Navajas, M. P., Alegre, Y., De-la-Fuente, A., Ferreira, V., García, D., Eizaguirre, S., Razquin, I., & Hernández-Orte, P. (2016). Rapid sensory-directed methodology for the selection of high-quality aroma wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(11), 3627-3636.

https://doi.org/10.1002/jsfa.7636

Sáenz-Navajas, M. P., Campo, E., Culleré, L., Fernández-Zurbano, P., Valentin, D., & Ferreira, V. (2010). Effects of the nonvolatile matrix on the aroma perception of wine. J*ournal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(9), 5574-5585. https://doi.org/10.1021/jf904377p

Saldaña, E., Alvarez, J., Laqui-Estaña, J., Eduardo, K., Rios-Mera, J. D., Napa-Almeyda, C. A., & Mayta-Hancco, J. (2025). An overview of 20 years of Pisco spirit research: Trends and gaps revealed by a systematic review. *Beverages*, 11(3), 77. https://doi.org/10.3390/beverages11030077

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

Silva, A. P., Voss, H., Van Zyl, H., Hogg, T., De Graaf, C., Pintado, M., & Jager, G. (2018). Temporal dominance of sensations, emotions, and temporal liking measured in a bar for two similar wines using a multi-sip approach. *Journal of Sensory Studies*, 33(5), e12459. https://doi.org/10.1111/joss.12459

Škrobot, D. J., Tomić, J. M., Hadnađev, T. R. D., Novaković, A. R., Hadnađev, M. S., Delić, J. D., & Mandra, M. J. (2020). Flash profile as a rapid descriptive analysis in sensory characterization of traditional dry fermented sausages. *Food and Feed Research*, 47(1), 55-64. https://doi.org/10.5937/ffr2001055S

Soares, S. (2015). Sensorial properties of red wine polyphenols: Astringency and bitterness. Critical Reviews in *Food Science and Nutrition*, 57(5), 937-948. https://doi.org/10.1080/10408398.2014.946468

Spence, C. (2021). What Is the Relationship between the Presence of Volatile

Organic Compounds in Food and Drink Products and Multisensory Flavour Perception?. *Frontiers Media*. https://doi.org/10.3390/foods10071570

Stone, H., Bleibaum, R. N., & Thomas, H. A. (2020). *Sensory evaluation practices* (4.a ed.). Academic Press.

Stone, H., Bleibaum, R., & Thomas, H. (2021). Affective testing. En *Sensory Evaluation Practices* (4.a ed., pp. 297-336). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815334-5.00004-5

Thomas, A. (2016). *Analyse sensorielle temporelle descriptive et hédonique* [Tesis doctoral, Université de Bourgogne]. HAL.

Thomas, A., Visalli, M., Cordelle, S., & Schlich, P. (2014). Temporal drivers of liking. *Food Quality and Preference*, 40, 396-406. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.03.003

Vernarelli, L., Stuff, J., Whitecavage, J., & Kfoury, N. (2020). I*dentifying key odor compounds in bourbon using solvent-free aroma dilution analysis and a novel software for interpreting GC-O data* (Application Note 213). GERSTEL. https://gcms.labrulez.com/labrulez-bucket-strapi-h3hsga3/App_Note_213_2a6d3588e4/AppNote-213.pdf

Velásquez Nina, J. C. (2026). *Composición volátil y perfil sensorial de piscos puros y acholados* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Moquegua, Perú). Universidad Nacional de Moquegua

Vilela, A., Bacelar, E., Pinto, T., Anjos, R., Correia, E., Gonçalves, B., & Cosme, F. (2019). Beverage and food fragrance biotechnology, novel applications, sensory and sensor techniques: An overview. *Foods*, 8(12), 643. https://doi.org/10.3390/foods8120643

Visalli, M. (2023). *Descriptive temporal sensory evaluation with consumers* [Tesis doctoral, Université de Bourgogne]. HAL.

Visalli, M., & Galmarini, M. V. (2024). Multi-attribute temporal descriptive methods in sensory analysis applied in food science: A systematic scoping review. Comprehensive Reviews in *Food Science and Food Safety*, 23(1), e13294. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13294

Wold, S., & Sjöström, M. (2001). PLS-regression: A basic tool of chemometrics. Chemometrics and *Intelligent Laboratory Systems*, 58(2), 109-130. https://doi.org/10.1016/S0169-7439(01)00155-1

Yang, J., & Lee, J. (2019). Application of sensory descriptive analysis and consumer studies to investigate traditional and authentic *foods*: A review. Foods, 8(2), 54. https://doi.org/ 10.3390/foods8020054

Zellner, M., Dugo, P., Dugo, G., & Mondello, L. (2008). Gas chromatography-olfactometry in food flavour analysis. *Journal of Chromatography* A, 1186(1-2), 123-143. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.09.006

Zou, J., Chen, X., Wang, C., Liu, Y., Li, M., Pan, X., & Chang, X. (2023). Microbial communities and correlation between microbiota and volatile compounds in fermentation starters of Chinese sweet rice wine from different regions. *Foods*, 12(15), 2934. https://doi.org/ 10.3390/foods12152932.

VIII. ANEXOS

Anexo 1

Carta de aprobación del comité ética de la investigación de la UNAM

Nº 110565

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

21 de mayo de 2026.
CARTA N° D0003-2026-CEPI

Señor:

Dr. MAYTA HANCCO JHONY
Vicerrector de Investigación

Presente. -

Asunto : APROBACIÓN DE PROYECTO DE TESIS "CARACTERIZACION SENSORIAL Y OLFATOMETRICA DE PISCOS AROMATICO (ITALIA, NO AROMATICO (NEGRA CRIOLLA) Y SUS INTERACCIONES",

Referencia : Carta N° D0054-2026-UNAM-VRI

De mi consideración:

Mediante el presente me dirijo a usted, en respuesta al documento de la referencia, para manifestar que; en cumplimiento a la resolución de comisión organizadora N° 229-2024-UNAM/CO (...); Art. 21 inciso (b); detallo:

Que se ha procedido a evaluar los aspectos éticos del Proyecto de tesis: "CARACTERIZACION SENSORIAL Y OLFATOMETRICA DE PISCOS AROMATICO (ITALIA, NO AROMATICO (NEGRA CRIOLLA) Y SUS INTERACCIONES", aprobado mediante resolución de consejo de facultad N° 234 2025-CF-FAIN-UNAM, de fecha 7 de noviembre del 2025, presentado por el Tesista Bachiller. WALTER LAYME PANTI, cuyo asesor principal es el Dr. Erick Manuel Saldaña Villa.

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: 21.05.2026 19:05:17 -05:00

DOCUMENTO FIRMADO DIGITALMENTE
YNES YDALIA CORDOVA COAYLA

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

Anexo 2

Preparación de muestras de Pisco para el proceso de desorción térmica en el análisis GC–MS/O



Anexo 3

Colocación de tubos en el sistema de desorción térmica



Anexo 4
Evaluación de olfatometría en GC–O



Anexo 5
Recolección de datos olfatométricos



Anexo 6

Banner informativo previo a la evaluación sensorial



Anexo 7
Preparación de las muestras



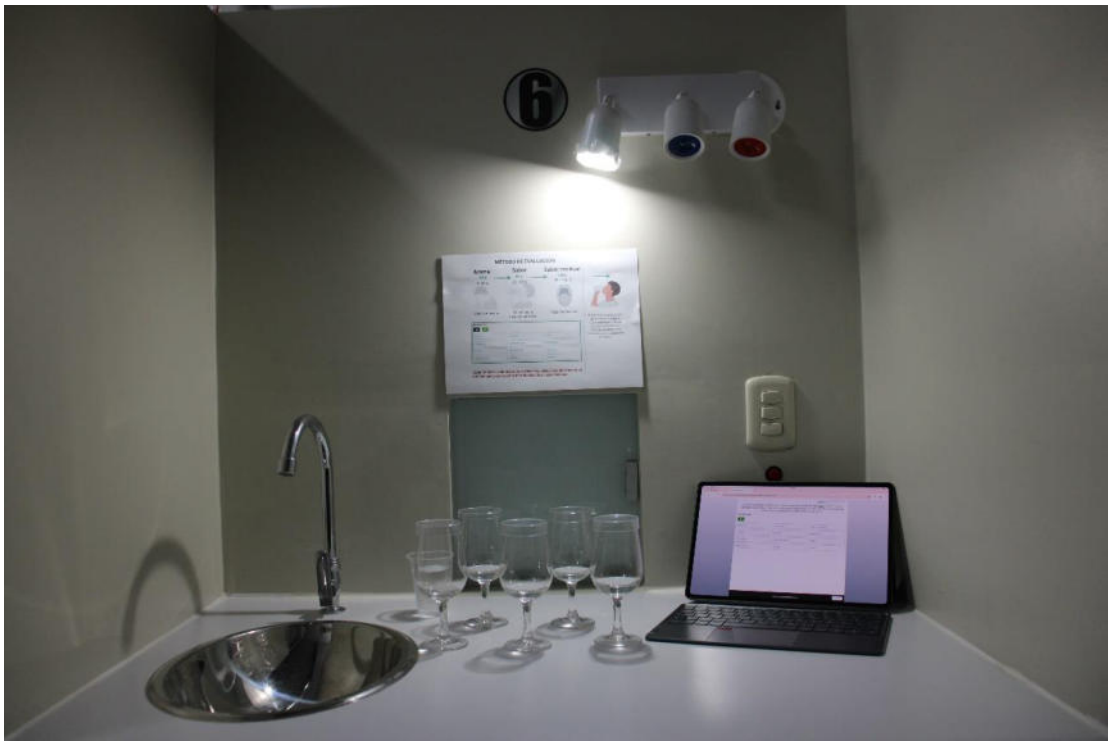
Anexo 8
Combinación de las muestras de PA/PNA



Anexo 9
Presentación de las muestras para evaluación



Anexo 10
Codificación de muestras en cabina sensorial



Anexo 11
Aplicación de la evaluación sensorial

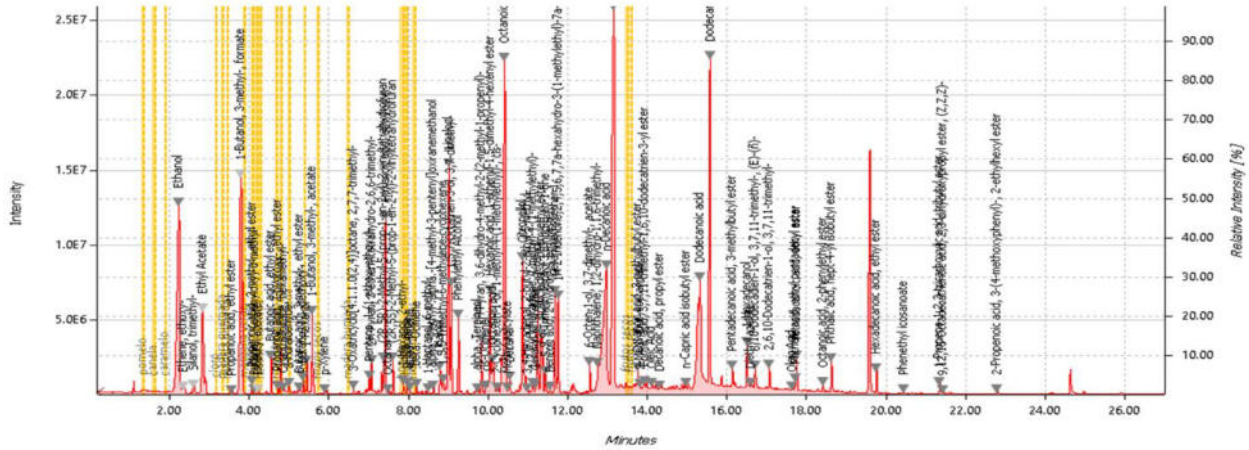


Anexo 12
Laboratorio de análisis sensorial



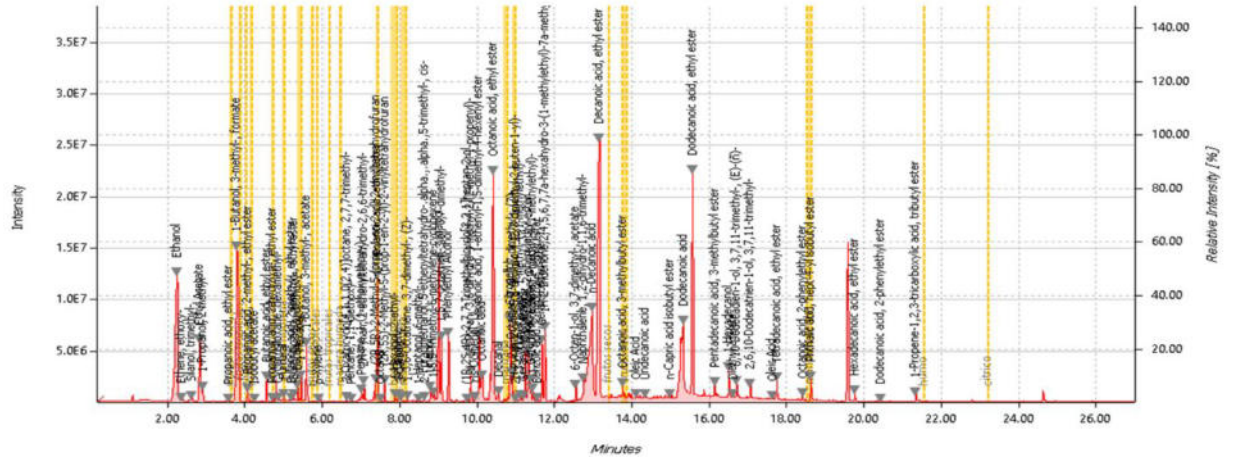
Anexo 13

Cromatograma y análisis olfatométrico de la muestra PA100:PNA0



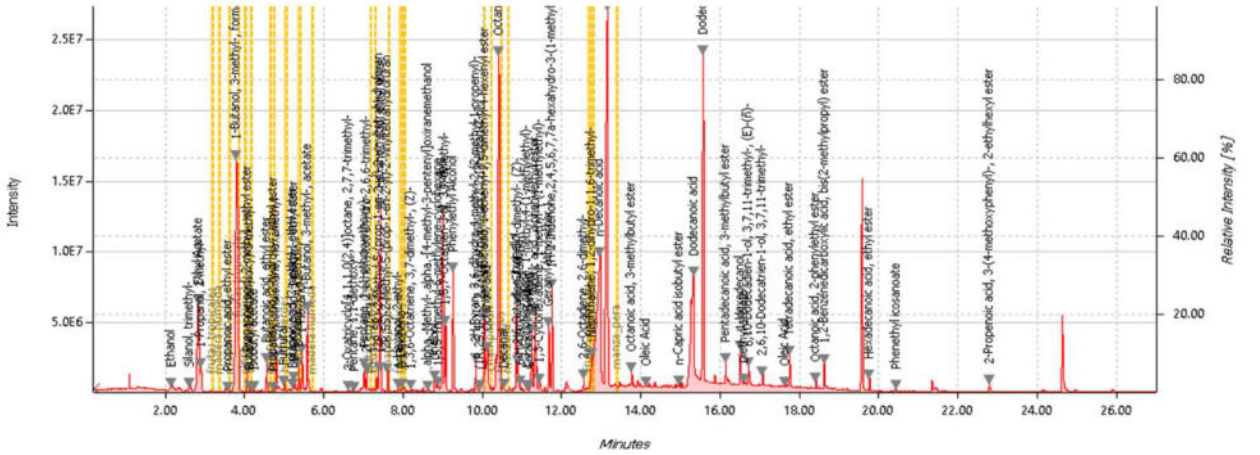
Anexo 14

Cromatograma y análisis olfatométrico de la muestra PA75:PNA25



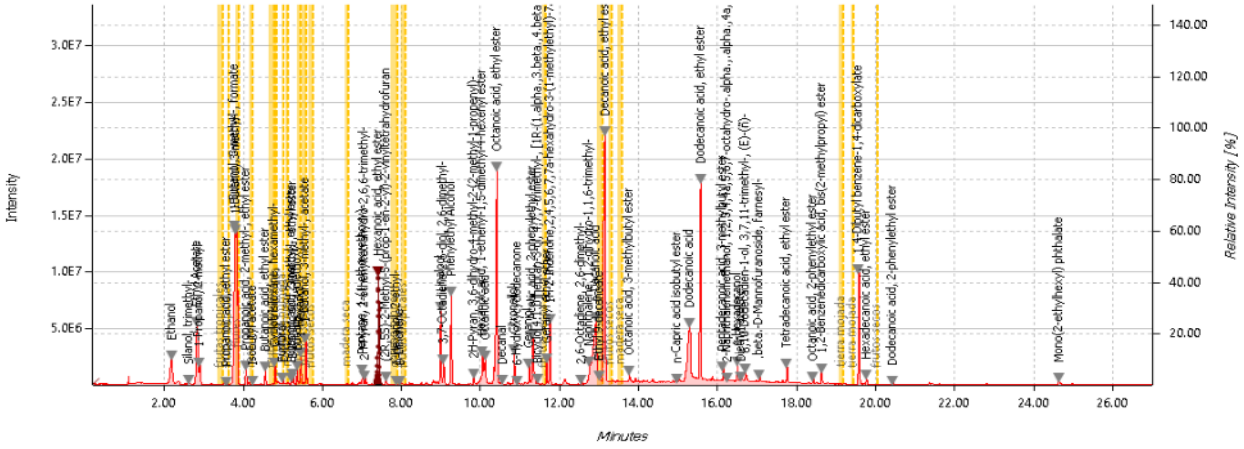
Anexo 15

Cromatograma y análisis olfatométrico de la muestra PA50:PNA50



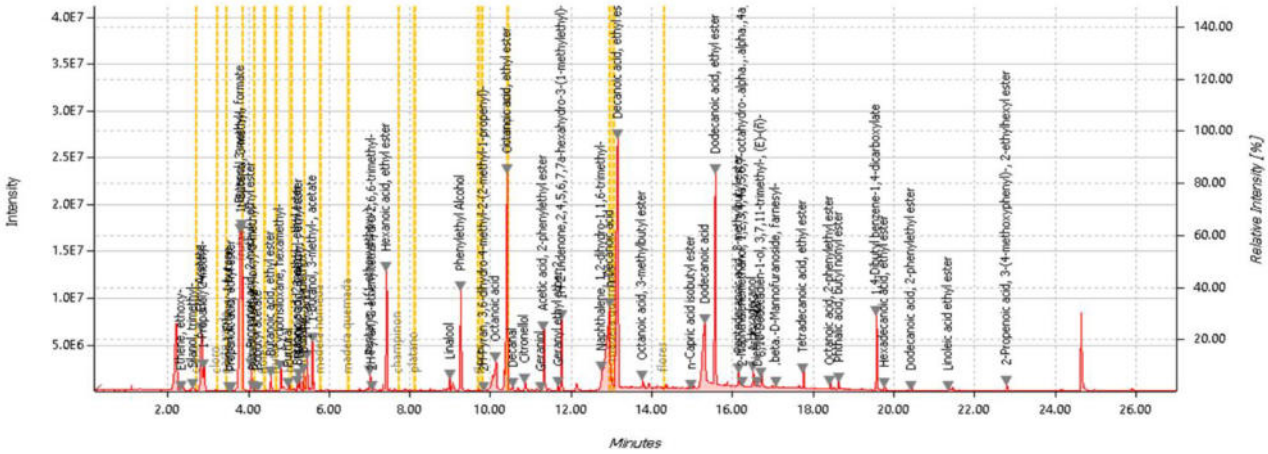
Anexo 16

Cromatograma y análisis olfatométrico de la muestra PA25:PNA75



Anexo 17

Cromatograma y análisis olfatométrico de la muestra PA0:PNA100



Anexo 18

Cálculos involucrados en los DTA

Tratamiento	Atributo	n	Media Liking	LWD	DTA	Interpretación
PA100:PNA0	Dulce	51	6.763157895	7.937945792	1.174787897	positivo
PA100:PNA0	Ácido	44	6.763157895	5.473300971	-1.289856924	negativo
PA100:PNA0	Uva	57	6.763157895	7.210526316	0.447368421	positivo
PA100:PNA0	Afrutado	56	6.763157895	7	0.236842105	positivo
PA100:PNA0	Amaderado	41	6.763157895	6.612942613	-0.150215282	negativo
PA100:PNA0	Manzana	51	6.763157895	7.520491803	0.757333909	positivo
PA100:PNA0	Floral	44	6.763157895	7.287037037	0.523879142	positivo
PA100:PNA0	Herbáceo	33	6.763157895	5.683068017	-1.080089877	negativo
PA100:PNA0	Amargo	37	6.763157895	5.885526316	-0.877631579	negativo
PA100:PNA0	Astringente	47	6.763157895	5.801212121	-0.961945774	negativo
PA100:PNA0	Pasas	55	6.763157895	7.103237095	0.340079201	positivo
PA100:PNA0	Plátano	37	6.763157895	7.690184049	0.927026154	positivo
PA75:PNA25	Dulce	58	6.328947368	7.065789474	0.736842105	positivo
PA75:PNA25	Ácido	43	6.328947368	5.015360983	-1.313586385	negativo
PA75:PNA25	Uva	60	6.328947368	6.581803671	0.252856303	positivo
PA75:PNA25	Afrutado	54	6.328947368	6.810810811	0.481863442	positivo
PA75:PNA25	Amaderado	53	6.328947368	6.092043682	-0.236903687	negativo
PA75:PNA25	Manzana	48	6.328947368	6.270863836	-0.058083532	negativo
PA75:PNA25	Floral	34	6.328947368	6.617363344	0.288415976	positivo
PA75:PNA25	Herbáceo	43	6.328947368	6.018475751	-0.310471618	negativo
PA75:PNA25	Amargo	44	6.328947368	5.517857143	-0.811090226	negativo
PA75:PNA25	Astringente	45	6.328947368	6.002782931	-0.326164437	negativo
PA75:PNA25	Pasas	40	6.328947368	6.61611877	0.287171401	positivo
PA75:PNA25	Plátano	27	6.328947368	7.046116505	0.717169136	positivo
PA50:PNA50	Dulce	45	6.184210526	6.511600928	0.327390402	positivo
PA50:PNA50	Ácido	46	6.184210526	6.10273224	-0.081478286	negativo
PA50:PNA50	Uva	57	6.184210526	6.346578366	0.16236784	positivo
PA50:PNA50	Afrutado	51	6.184210526	6.817490494	0.633279968	positivo
PA50:PNA50	Amaderado	54	6.184210526	6.012383901	-0.171826625	negativo
PA50:PNA50	Manzana	41	6.184210526	6.26259542	0.078384894	positivo
PA50:PNA50	Floral	42	6.184210526	6.39941691	0.215206383	positivo
PA50:PNA50	Herbáceo	44	6.184210526	5.745318352	-0.438892174	negativo
PA50:PNA50	Amargo	54	6.184210526	5.606108066	-0.578102461	negativo
PA50:PNA50	Astringente	55	6.184210526	5.896302976	-0.287907551	negativo
PA50:PNA50	Pasas	58	6.184210526	6.613085622	0.428875096	positivo
PA50:PNA50	Plátano	30	6.184210526	6.24691358	0.062703054	positivo
PA25:PNA75	Dulce	41	6.013157895	6.656626506	0.643468611	positivo
PA25:PNA75	Ácido	52	6.013157895	5.416755037	-0.596402858	negativo
PA25:PNA75	Uva	51	6.013157895	6.437024514	0.423866619	positivo
PA25:PNA75	Afrutado	53	6.013157895	6.368105516	0.354947621	positivo

Tratamiento	Atributo	n	Media Liking	LWD	DTA	Interpretación
PA25:PNA75	Amaderado	54	6.013157895	6.110358835	0.097200941	positivo
PA25:PNA75	Manzana	42	6.013157895	6.34261242	0.329454525	positivo
PA25:PNA75	Floral	27	6.013157895	6.465020576	0.451862681	positivo
PA25:PNA75	Herbáceo	50	6.013157895	5.614521452	-0.398636443	negativo
PA25:PNA75	Amargo	58	6.013157895	5.864135864	-0.149022031	negativo
PA25:PNA75	Astringente	51	6.013157895	5.468239564	-0.54491833	negativo
PA25:PNA75	Pasas	48	6.013157895	6.257855823	0.244697928	positivo
PA25:PNA75	Plátano	30	6.013157895	6.245614035	0.23245614	positivo
PA0:PNA100	Dulce	38	5.802631579	6.672438672	0.869807093	positivo
PA0:PNA100	Ácido	47	5.802631579	5.09970385	-0.702927729	negativo
PA0:PNA100	Uva	47	5.802631579	6.292184725	0.489553146	positivo
PA0:PNA100	Afrutado	44	5.802631579	6.410344828	0.607713249	positivo
PA0:PNA100	Amaderado	59	5.802631579	5.359090909	-0.44354067	negativo
PA0:PNA100	Manzana	40	5.802631579	5.7310253	-0.071606279	negativo
PA0:PNA100	Floral	35	5.802631579	6.522875817	0.720244238	positivo
PA0:PNA100	Herbáceo	53	5.802631579	5.423160961	-0.379470618	negativo
PA0:PNA100	Amargo	61	5.802631579	5.771812081	-0.030819498	negativo
PA0:PNA100	Astringente	50	5.802631579	5.280392157	-0.522239422	negativo
PA0:PNA100	Pasas	46	5.802631579	6.023613963	0.220982384	positivo
PA0:PNA100	Plátano	29	5.802631579	6.196629213	0.393997635	positivo

Anexo 19

Compuestos volátiles identificados por GC–MS/O y familias sensoriales asociadas en las mezclas PA/PNA

N°	Compuesto	TR (min)	Abundancia relativa (% área)					Familia sensorial				
			PA100: PNA0	PA75: PNA25	PA50: PNA50	PA25: PNA75	PA0: PNA100	PA100: PNA0	PA75: PNA25	PA50: PNA50	PA25: PNA75	PA0: PNA100
1	**Etanol**	**2.20**	**2.96**	**3.68**	**8.94**	**1.59**	**9.38**	**Floral / Frutas blancas / Frutas tropicales**	**Alcohólico**	**Herbáceo**	**Floral / Frutas blancas / Frutas tropicales**	**Dulce**
2	Etoxieteno (éter vinílico de etilo)	2.34	0.20	0.16	0.09	0.17	0.21	—	—	—	—	Alcohólico
3	Trimetilsilanol	2.61	0.23	0.30	0.34	0.31	0.44	Madera do	Floral	Alcohólico / Dulce / Frutal / Madera do	Frutal	Alcohólico
4	**Acetato de etilo**	**2.83**	**3.01**	**2.71**	**2.58**	**3.28**	**3.04**	**Alcohólico / Químico**	**Floral / Madera do**	**—**	**Alcohólico**	**—**
5	**2-metil-1-propanol (alcohol isobutílico)**	**2.91**	**0.21**	**0.47**	**0.53**	**0.80**	**1.02**	**Alcohólico**	**—**	**Alcohólico / Floral / Frutal / Frutas tropicales / Madera**	**Alcohólico**	**Empireumático / Maderado**

										do		
6	trans-1-Etoxi-1-buteno	3.52	0.00	0.00	0.02	0.03	0.09	—	—	Herbáceo / Madera do	Madera do	Químico
7	Propanoato de etilo	3.58	0.05	0.07	0.05	0.07	0.07	Floral / Madera do	Floral	Floral / Frutas blancas / Frutas secas / Madera do	Frutas tropicales	Floral
8	**Formiato de 3-metil-1-butilo (formiato de isoamilo)**	**3.79**	**5.63**	**5.80**	**5.88**	**7.64**	**7.92**	**Frutas secas**	**Frutas tropicales**	**Frutas tropicales**	**Frutas tropicales**	**Floral / Terroso**
9	**3-metil-1-butanol (alcohol isoamílico)**	**3.83**	**0.00**	**0.00**	**0.45**	**1.30**	**1.95**	**—**	**—**	**Floral / Frutas secas**	**Floral / Frutas secas**	**Frutas tropicales**
10	**2-metilpropanoato de etilo**	**4.07**	**0.25**	**0.29**	**0.38**	**0.56**	**0.70**	**Químico**	**Químico**	**Floral / Frutas tropicales / Químico**	**Químico**	**Cítricos**
11	1-(Etoxivinil)-3-metilbutano	4.14	0.03	0.02	0.04	0.06	0.10	Empireumático	Floral	Frutas tropicales	Floral / Madera do	Frutas tropicales
12	Acetato de isobutilo	4.24	0.06	0.08	0.07	0.09	0.10	Floral / Frutal / Frutas tropicales / Químico	Frutas tropicales	Floral / Frutas tropicales / Tostado	Floral	Frutas rojas

13	Butanoato de etilo	4.56	0.59	0.56	0.52	0.55	0.51	Especias	—	Frutas tropicales	Floral / Frutas blancas / Frutas tropicales	Floral / Frutas tropicales
14	2-hidroxipropanoato de etilo (lactato de etilo)	4.73	0.12	0.10	0.04	0.00	0.00	Madera do	Frutas tropicales	Floral	—	—
15	**Hexametilciclotrisiloxano**	**4.83**	**0.52**	**0.34**	**1.08**	**0.77**	**1.35**	**Especias**	**—**	**Cítricos / Especias / Floral / Frutas rojas / Frutas tropicales / Tostado**	**Frutas tropicales / Madera do**	**Floral**
16	Furfural	5.00	0.10	0.16	0.11	0.14	0.10	Floral / Frutas tropicales / Herbáceo	Frutas tropicales	Frutas tropicales	Madera do	Frutas tropicales
17	2-metilbutanoato de etilo	5.22	0.00	0.04	0.10	0.15	0.21	—	Floral	Madera do	Madera do	Frutal
18	**3-metilbutanoato de etilo (isovalerato de etilo)**	**5.26**	**0.07**	**0.10**	**0.15**	**0.31**	**0.40**	**Madera do**	**—**	**—**	**—**	**—**
19	1,1-Dietoxibutano	5.37	0.28	0.32	0.39	0.40	0.25	Frutas tropicales	Frutas tropicales	Floral	Frutas tropicales	Frutas blancas / Frutas tropicales

20	1-Hexanol	5.46	0.53	0.58	0.63	0.86	0.93	Frutal	Frutas blancas / Frutas tropicales	Floral	Frutas rojas	—
21	Acetato de 3-metil-1-butilo (acetato de isoamilo)	5.59	1.32	1.33	1.28	1.40	1.42	Tostado	Tostado	Maderado	Tostado	Maderado
22	p-Xileno	5.92	0.04	0.06	0.04	0.00	0.00	Floral	Frutas blancas / Frutas tropicales	Maderado	—	—
23	2,7,7-Trimetil-3-oxatriciclo[4.1.1.0(2,4)]octano (óxido de canfeno)	6.63	0.12	0.11	0.07	0.00	0.00	Tostado	Maderado	Cítricos / Floral / Frutas tropicales / Maderado	—	—
24	1,1-Dietoxipentano	6.76	0.02	0.04	0.03	0.06	0.06	—	—	—	Maderado	Tostado
25	1-(1-Etoxietoxi)pentano	7.02	0.30	0.28	0.34	0.49	0.52	—	Floral	Especias / Floral	Maderado	Maderado
26	2-Etenil-2,6,6-trimetiltetrahidro-2H-pirano (óxido de linalool)	7.08	0.41	0.37	0.29	0.21	0.07	Floral	Especias / Floral	Frutas tropicales	Floral / Maderado	Frutas tropicales
27	(2R,5R)-2-Metil-5-(prop-1-en-2-il)-2-viniltetrahidrofurano (óxido de linalool)	7.39	0.20	0.32	0.18	0.03	0.00	—	Floral	Frutas tropicales	—	—
28	Hexanoato de etilo	7.43	3.09	3.23	3.12	3.77	3.71	Floral	Cítricos / Frutas tropicales	—	Floral	Frutas tropicales

29	**(2R,5S)-2-Metil-5-(prop-1-en-2-il)-2-viniltetrahidrofurano (óxido de linalool)**	**7.62**	**0.50**	**0.46**	**0.34**	**0.24**	**0.04**	**Frutas tropicales**	**Floral / Frutal / Frutas tropicales / Terroso**	**Terroso**	**Terroso**	**Terroso**
30	2-Etil-1-hexanol	7.87	0.27	0.24	0.19	0.15	0.07	Terroso	Terroso	Frutas tropicales	Terroso	Frutas rojas / Terroso
31	D-Limoneno	7.97	0.19	0.20	0.18	0.12	0.00	Floral / Terroso	Floral	Floral / Frutal / Frutas secas / Frutas tropicales	Frutas tropicales / Herbáceo	—
32	(Z)-3,7-Dimetil-1,3,6-octatrieno (cis-β-ocimeno)	8.20	0.11	0.13	0.09	0.05	0.00	Frutas rojas	Frutas tropicales	Floral / Frutas rojas	Cítricos	—
33	6-Metil-1-heptanol	8.50	0.07	0.05	0.02	0.00	0.00	—	Floral	Cítricos	—	—
34	cis-5-Etenil-α,α,5-trimetiltetrahidrofuran-2-metanol (óxido de rosa)	8.63	0.12	0.06	0.01	0.00	0.00	—	Floral	—	—	—
35	**Linalol**	**9.00**	**3.21**	**2.85**	**2.13**	**1.72**	**0.43**	**—**	**—**	**—**	**Floral**	**Floral**
36	**3,7-Dimetil-1,5,7-octatrien-3-ol (hotrienol)**	**9.08**	**1.92**	**1.68**	**1.28**	**0.76**	**0.00**	**Floral / Madera do**	**Especias / Floral**	**Frutas blancas**	**Floral**	**—**
37	**Alcohol feniletílico (2-feniletanol)**	**9.27**	**1.54**	**1.75**	**2.22**	**3.25**	**3.78**	**Alcohólico / Madera do**	**Floral / Frutas rojas**	**Frutas blancas / Madera do /**	**Madera do**	**Maderado**

										Químico		
38	α-Terpineol	9.76	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	Alcohólico	—	—	—	—
39	**3,6-Dihidro-4-metil-2-(2-metil-1-propenil)-2H-pirano (óxido de rosa)**	**9.84**	**0.80**	**0.71**	**0.52**	**0.37**	**0.10**	**Frutas tropicales**	**Empireumático / Terroso**	**Especias / Floral / Terroso**	**Madera do**	**Empireumático / Floral**
40	**Hexanoato de 1-etenil-1,5-dimetil-4-hexenilo**	**10.05**	**1.62**	**1.60**	**1.29**	**1.31**	**0.00**	**Frutas rojas / Frutas tropicales / Tostado**	**—**	**Madera do**	**Frutas blancas / Frutas rojas**	**—**
41	**Ácido octanoico (ácido caprílico)**	**10.13**	**0.64**	**1.23**	**1.10**	**1.47**	**1.60**	**Especias / Frutas blancas / Tostado**	**Frutas tropicales / Madera do**	**Empireumático / Especias / Frutas blancas / Frutas tropicales/ Terroso**	**Floral / Frutas blancas / Madera do**	**Frutas secas / Maderado**
42	**Octanoato de etilo**	**10.41**	**8.92**	**9.41**	**7.14**	**10.83**	**9.53**	**Frutal**	**Herbáceo**	**Frutas blancas**	**Especias / Floral / Madera do / Terroso**	**Empireumático / Frutas secas / Maderado / Terroso**

43	Decanal	10.55	0.10	0.18	0.25	0.19	0.20	Floral / Frutas blancas / Madera do	Terroso	Madera do	Madera do	—
44	1,5,5-Trimetil-6-metilenciclohexeno	10.59	0.20	0.06	0.09	0.12	0.00	Frutas tropicales / Tostado	—	—	Frutas tropicales	—
45	**Citronelol**	**10.86**	**2.22**	**1.94**	**1.44**	**1.03**	**0.29**	**Cítricos / Frutas blancas**	**Frutal**	**Químico**	**Especias**	**Especias**
46	Éter vinílico de geranilo	11.20	0.11	0.08	0.05	0.00	0.00	—	—	Floral	—	—
47	**Geraniol**	**11.24**	**1.49**	**1.26**	**0.89**	**0.58**	**0.09**	**Frutas secas**	**—**	**—**	**—**	**Especias**
48	1-Metil-4-(1-metiletil)-1,3-ciclohexadieno (α-terpineno)	11.29	0.19	0.22	0.13	0.00	0.00	Madera do	Cítricos	—	—	—
49	**Acetato de 2-feniletilo**	**11.33**	**0.88**	**1.10**	**1.69**	**1.91**	**2.03**	**—**	**Floral**	**—**	**Especias**	**Frutas tropicales / Lácteo / Maderado**
50	**Éter etílico de geranilo (isómero 1)**	**11.68**	**1.51**	**1.39**	**1.03**	**0.75**	**0.00**	**Floral / Frutas secas / Madera do**	**—**	**Especias / Floral / Tostado**	**Tostado**	**—**
51	2,4,5,6,7,7a-Hexahidro-3-(1-metiletil)-7a-metil-1H-inden-2-ona	11.76	1.51	1.85	1.88	2.21	2.19	Floral	Floral	Madera do	Frutas rojas	Empireumático
52	**Acetato de 3,7-dimetil-6-**	**12.56**	**0.44**	**0.19**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**Frutas**	**Frutas**	**—**	**—**	**—**

	octen-1-ilo (acetato de citronelilo)							**tropicales / Madera do / Tostado**	**blancas**			
53	**2,6-Dimetil-2,6-octadieno**	**12.56**	**0.01**	**0.19**	**0.24**	**0.13**	**0.00**	**—**	**Herbáceo**	**Lácteo**	**Frutal**	**—**
54	1,2-Dihidro-1,1,6-trimetilnaftaleno (TDN)	12.76	0.80	0.86	0.82	1.00	0.95	Floral	—	Tostado	—	Maderado
55	Ácido decanoico (ácido cáprico)	12.99	7.56	8.78	8.33	7.85	6.97	Frutas tropicales / Tostado	—	Madera do	Especias / Madera do	Lácteo / Maderado
56	**Decanoato de etilo**	**13.16**	**16.52**	**16.56**	**15.39**	**17.22**	**16.35**	**Tostado**	**Tostado**	**Madera do**	**Lácteo**	**Maderado / Tostado**
57	Octanoato de 3-metilbutilo (octanoato de isoamilo)	13.77	0.26	0.27	0.26	0.31	0.31	Tostado	Tostado	Frutas blancas	Madera do	Floral / Maderado
58	Decanoato de isobutilo	14.98	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07	Floral	Alcohólico / Especias	Dulce / Lácteo	—	Especias / Frutas tropicales
59	Ácido dodecanoico (ácido láurico)	15.33	3.00	3.49	3.55	3.67	3.60	Cítricos / Madera do	Herbáceo / Madera do	—	Madera do	Maderado
60	**Dodecanoato de etilo (laurato de etilo)**	**15.58**	**8.06**	**7.96**	**8.40**	**9.09**	**8.76**	**Madera do**	**Cítricos / Floral / Frutas rojas**	**Floral**	**Madera do**	**Floral**
61	Pentadecanoato de 3-metilbutilo	16.14	0.33	0.33	0.42	0.43	0.44	Frutas blancas	Cítricos / Frutas	Especias / Floral	—	—

									tropicales			
62	Ácido oleico	16.29	0.08	0.09	0.08	0.07	0.02	—	Floral / Madera do	Cítricos / Frutal	Especias / Frutas rojas / Herbáceo	—
63	1-Hexadecanol (alcohol cetílico)	16.51	0.76	0.72	0.72	0.74	0.64	—	—	Floral	Especias	Maderado
64	Azelato de dietilo	16.61	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	—	—	—	—	Maderado
65	(E)-3,7,11-Trimetil-6,10-dodecadien-1-ol	16.71	0.51	0.51	0.50	0.56	0.54	Madera do	Especias	Floral	—	—
66	3,7,11-Trimetil-2,6,10-dodecatrien-1-ol (farnesol)	17.07	0.36	0.33	0.24	0.05	0.00	Floral	—	—	—	—
67	Farnesil β-D-manofuranósido	17.07	0.02	0.00	0.03	0.19	0.17	—	—	Especias	—	Alcohólico
68	Tetradecanoato de etilo (miristato de etilo)	18.19	0.80	0.70	0.78	0.64	0.57	—	Floral	Dulce / Frutas rojas / Frutas tropicales	—	—
69	Octanoato de 2-feniletilo	18.42	0.16	0.17	0.18	0.20	0.20	—	—	—	Madera do	Especias
70	Ftalato de butilo y nonilo	18.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	—	—	—	—	Floral
71	Ftalato de hept-4-ilo e isobutilo	18.63	0.29	0.39	0.05	0.00	0.00	—	Lácteo	—	—	—
72	**1,4-Dibutil bencen-1,4-dicarboxilato (ftalato de dibutilo)**	**19.58**	**0.64**	**0.00**	**0.00**	**1.20**	**2.02**	**—**	**—**	**—**	**Terroso**	**Especias / Maderad**

												o
73	Hexadecanoato de etilo (palmitato de etilo)	19.95	0.52	0.41	0.39	0.30	0.37	Frutas tropicales / Herbáceo	Floral / Frutas tropicales / Madera do	Especias / Madera do	Frutas tropicales / Madera do / Tostado	Floral / Maderado
74	Dodecanoato de 2-feniletilo	20.44	0.02	0.06	0.08	0.10	0.08	—	—	Empireumático	Madera do	—
75	1-Propeno-1,2,3-tricarboxilato de tributilo (aconitato de tributilo)	21.35	0.06	0.23	0.09	0.18	0.05	—	Cítricos	Floral	Floral	Lácteo
76	3-(4-Metoxifenil)-2-propenoato de 2-etilhexilo	22.69	0.08	0.03	0.15	0.07	0.18	Frutas blancas	—	Floral / Frutas tropicales	Floral	Especias / Frutas blancas / Herbáceo
77	Éter etílico de geranilo (isómero 2)	—	0.20	0.17	0.00	0.00	0.21	—	—	—	—	—
78	(2R-cis)-1,2,3,4,4a,5,6,7-Octahidro-α,α,4a,8-tetrametil-2-naftalenmetanol	—	0.01	0.00	0.01	0.13	0.16	—	—	—	—	—
79	1-Metil-4-(1-metiletiliden)ciclohexeno	—	0.00	0.16	0.08	0.02	0.00	—	—	—	—	—
80	Salicilato de etilo (2-hidroxibenzoato de etilo)	—	0.09	0.08	0.02	0.00	0.00	—	—	—	—	—
81	6-Hidroxiciclodecanona	—	0.01	0.00	0.05	0.07	0.00	—	—	—	—	—
82	Decanoato de propilo	—	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	—	—	—	—	—
83	α-Metil-α-(4-metil-3-pentenil)oxiranometanol	—	0.03	0.06	0.07	0.01	0.00	—	—	—	—	—

Anexo 20

ANOVA tipo II y regresión polinómica de los compuestos identificados por GC–MS

Compuesto	F_blend	p_blend	q_FDR	β lineal	p_lin	β cuadrático	p_quad	PA óptimo	R^2	Patrón
Geranyl ethyl ether 1	94.48	**0.00000**	**0.00000**	+0.0086	0.0000	-0.00011	0.0000	88.5	0.877	Sinergia (max interno)
Geraniol	76.83	**0.00000**	**0.00000**	+0.0080	0.0000	-0.00006	0.0004		0.878	Sinergia (max interno)
Hexanoic acid, 1-ethenyl-1,5-dimethyl-4-hexenyl ester	76.00	**0.00000**	**0.00000**	+0.0082	0.0000	-0.00017	0.0000	74.6	0.779	Sinergia (max interno)
(2R,5S)-2-Methyl-5-(prop-1-en-2-yl)-2-vinyltetrahydrofuran	63.51	**0.00000**	**0.00000**	+0.0035	0.0000	-0.00003	0.0001		0.858	Sinergia (max interno)
2-Naphthalenemethanol, 1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydro-.alpha..alpha.4a,8-tetramethyl-, (2R-cis)-	58.16	**0.00000**	**0.00000**	-0.0016	0.0000	+0.00002	0.0002	89.5	0.755	Antagonismo (min interno)
1,5,7-Octatrien-3-ol, 3,7-dimethyl-	57.82	**0.00000**	**0.00000**	+0.0103	0.0000	-0.00011	0.0000	95.4	0.851	Sinergia (max interno)
2H-Pyran, 3,6-dihydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-	56.75	**0.00000**	**0.00000**	+0.0048	0.0000	-0.00004	0.0026		0.845	Sinergia (max interno)
Citronellol	53.34	**0.00000**	**0.00000**	+0.0087	0.0000	-0.00008	0.0007		0.831	Sinergia (max interno)
2H-Pyran, 2-ethenyltetrahydro-2,6,6-trimethyl-	50.39	**0.00000**	**0.00000**	+0.0027	0.0000	-0.00002	0.0011		0.833	Sinergia (max interno)
Benzoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	50.57	**0.00000**	**0.00000**	+0.0010	0.0000	+0.00001	0.0571		0.752	Lineal creciente PA
3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trimethyl-	41.76	**0.00000**	**0.00000**	+0.0013	0.0000	+0.00000	0.7592		0.732	Lineal creciente PA
Linalool	41.21	**0.00000**	**0.00000**	+0.0100	0.0000	-0.00011	0.0005	95.1	0.778	Sinergia (max interno)

Compuesto	F_blend	p_blend	q_FDR	β lineal	p_lin	β cuadrático	p_quad	PA óptimo	R^2	Patrón
Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	39.87	**0.00000**	**0.00000**	-0.0019	0.0000	+0.00000	0.9029		0.796	Lineal decreciente PA
Propanoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	39.64	**0.00000**	**0.00000**	+0.0013	0.0000	+0.00001	0.1898		0.747	Lineal creciente PA
D-Limonene	38.50	**0.00000**	**0.00000**	+0.0016	0.0000	-0.00003	0.0000	76.1	0.789	Sinergia (max interno)
2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-	32.10	**0.00000**	**0.00000**	+0.0034	0.0000	-0.00002	0.1582		0.742	Lineal creciente PA
Butanoic acid, 3-methyl-, ethyl ester	32.03	**0.00000**	**0.00000**	-0.0028	0.0000	+0.00002	0.0352		0.742	Antagonismo (min interno)
Geranyl vinyl ether	31.66	**0.00000**	**0.00000**	+0.0011	0.0000	+0.00000	0.4898		0.729	Lineal creciente PA
6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	27.66	**0.00000**	**0.00000**	+0.0035	0.0000	+0.00006	0.0000	22.4	0.726	Antagonismo (min interno)
.alpha.-Terpineol	27.26	**0.00000**	**0.00000**	+0.0005	0.0000	+0.00001	0.0000	30.7	0.681	Antagonismo (min interno)
1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	25.55	**0.00000**	**0.00000**	+0.0022	0.0000	-0.00001	0.2688		0.631	Lineal creciente PA
1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	20.91	**0.00000**	**0.00000**	+0.0012	0.0000	-0.00002	0.0020	87.7	0.665	Sinergia (max interno)
Phthalic acid, butyl nonyl ester	19.42	**0.00000**	**0.00000**	-0.0016	0.0000	+0.00005	0.0000	67.5	0.567	Antagonismo (min interno)
.beta.-D-Mannofuranoside, farnesyl-	17.57	**0.00000**	**0.00000**	-0.0017	0.0000	+0.00001	0.1250		0.524	Lineal decreciente PA
1-Heptanol, 6-methyl-	16.94	**0.00000**	**0.00000**	+0.0007	0.0000	+0.00000	0.1463		0.637	Lineal creciente PA
1-Butanol, 3-methyl-	16.65	**0.00000**	**0.00000**	-0.0112	0.0000	+0.00010	0.0479		0.618	Antagonismo (min interno)
Propanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	15.25	**0.00000**	**0.00000**	-0.0032	0.0000	+0.00002	0.2429		0.597	Lineal decreciente PA

Compuesto	F_blend	p_blend	q_FDR	β lineal	p_lin	β cuadrático	p_quad	PA óptimo	R^2	Patrón
(2R,5R)-2-Methyl-5-(prop-1-en-2-yl)-2-vinyltetrahydrofuran	14.77	**0.00000**	**0.00000**	+0.0023	0.0000	-0.00003	0.0230	85.4	0.471	Sinergia (max interno)
1-Hexanol, 2-ethyl-	13.70	**0.00000**	**0.00000**	+0.0017	0.0000	-0.00001	0.1591		0.588	Lineal creciente PA
1-Propanol, 2-methyl-	12.67	**0.00000**	**0.00000**	-0.0051	0.0000	+0.00000	0.8650		0.538	Lineal decreciente PA
trans-1-Ethoxy-1-butene	12.12	**0.00000**	**0.00000**	-0.0008	0.0000	+0.00001	0.0075	82.4	0.554	Antagonismo (min interno)
2,6-Octadiene, 2,6-dimethyl-	11.67	**0.00000**	**0.00001**	+0.0002	0.4730	-0.00008	0.0000	51.6	0.539	Sinergia (max interno)
2-Furanmethanol, 5-ethenyltetrahydro-.alpha..alpha.5-trimethyl-, cis-	11.49	**0.00000**	**0.00001**	+0.0011	0.0000	+0.00002	0.0086	16.0	0.560	Antagonismo (min interno)
1,5,5-Trimethyl-6-methylene-cyclohexene	10.40	**0.00001**	**0.00002**	+0.0012	0.0003	+0.00000	0.7529		0.324	Lineal creciente PA
Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	9.61	**0.00001**	**0.00003**	+0.0005	0.0965	-0.00003	0.0011	57.2	0.302	Sinergia (max interno)
Decanoic acid, propyl ester	9.61	**0.00001**	**0.00003**	+0.0003	0.0000	+0.00001	0.0170	21.5	0.463	Antagonismo (min interno)
6-Hydroxycyclodecanone	9.42	**0.00002**	**0.00004**	-0.0002	0.1805	-0.00002	0.0018	43.9	0.265	Sinergia (max interno)
Phthalic acid, hept-4-yl isobutyl ester	8.69	**0.00004**	**0.00008**	+0.0031	0.0000	+0.00001	0.7376		0.379	Lineal creciente PA
Pentane, 1-(1-ethoxyethoxy)-	7.71	**0.00010**	**0.00021**	-0.0018	0.0000	+0.00001	0.2867		0.424	Lineal decreciente PA
1,4-Dibutyl benzene-1,4-dicarboxylate	6.81	**0.00027**	**0.00055**	-0.0084	0.0001	+0.00022	0.0023	69.0	0.420	Antagonismo (min interno)
Acetic acid, 2-phenylethyl ester	6.79	**0.00027**	**0.00055**	-0.0048	0.0000	-0.00004	0.2228		0.405	Lineal decreciente PA
Phenylethyl Alcohol	6.51	**0.00037**	**0.00074**	-0.0063	0.0000	+0.00001	0.8157		0.382	Lineal decreciente PA

Compuesto	F_blend	p_blend	q_FDR	β lineal	p_lin	β cuadrático	p_quad	PA óptimo	R^2	Patrón
Oleic Acid	6.10	**0.00060**	**0.00116**	+0.0006	0.0001	-0.00001	0.0144	74.1	0.423	Sinergia (max interno)
Diethyl azelate	5.73	**0.00092**	**0.00174**	-0.0005	0.0000	+0.00000	0.7081		0.394	Lineal decreciente PA
1-Hexanol	5.32	**0.00152**	**0.00281**	-0.0023	0.0001	+0.00001	0.5238		0.331	Lineal decreciente PA
Geranyl ethyl ether 2	5.19	**0.00178**	**0.00322**	+0.0004	0.4771	+0.00006	0.0009	47.0	0.295	Antagonismo (min interno)
.alpha.-Methyl-.alpha.-[4-methyl-3-pentenyl]oxiranemethanol	5.17	**0.00183**	**0.00323**	+0.0004	0.0213	-0.00002	0.0078	62.7	0.285	Sinergia (max interno)
Octanoic acid	4.71	**0.00322**	**0.00557**	-0.0040	0.0006	-0.00003	0.3663		0.361	Lineal decreciente PA
p-Xylene	4.22	**0.00597**	**0.01011**	+0.0005	0.0024	-0.00001	0.2198	88.4	0.268	Lineal creciente PA
Silanol, trimethyl-	4.20	**0.00611**	**0.01014**	-0.0012	0.0008	+0.00000	0.8172		0.275	Lineal decreciente PA
Butane, 1-(ethenyloxy)-3-methyl-	3.62	**0.01293**	**0.02105**	-0.0006	0.0010	+0.00001	0.1295	83.8	0.338	Lineal decreciente PA
Pentane, 1,1-diethoxy-	2.96	**0.03098**	**0.04945**	-0.0004	0.0053	+0.00000	0.6981		0.197	Lineal decreciente PA
2-Propenoic acid, 3-(4-methoxyphenyl)-, 2-ethylhexyl ester	2.76	**0.04054**	0.06306	-0.0008	0.0637	+0.00001	0.3837	82.0	0.166	Lineal decreciente PA
Dodecanoic acid, 2-phenylethyl ester	2.75	**0.04103**	0.06306	-0.0006	0.0078	-0.00001	0.1071	24.9	0.283	Lineal decreciente PA
Decanal	2.59	0.05072	0.07654	-0.0008	0.0408	-0.00003	0.0412	35.2	0.267	Sinergia (max interno)
1-Propene-1,2,3-tricarboxylic acid, tributyl ester	2.22	0.08370	0.12406	+0.0003	0.6196	-0.00004	0.0786	54.1	0.115	Lineal creciente PA
Isobutyl acetate	1.89	0.13141	0.19135	-0.0003	0.0184	+0.00000	0.8664		0.181	No significativo

Compuesto	F_blend	p_blend	q_FDR	β lineal	p_lin	β cuadrático	p_quad	PA óptimo	R^2	Patrón
Pentadecanoic acid, 3-methylbutyl ester	1.70	0.16965	0.24277	-0.0009	0.0175	+0.00000	0.7233		0.162	No significativo
Butane, 1,1-diethoxy-	1.52	0.21295	0.29958	+0.0002	0.6947	-0.00004	0.0307	52.6	0.252	No significativo
1H-2-Indenone,2,4,5,6,7,7a-hexahydro-3-(1-methylethyl)-7a-methyl	1.42	0.24371	0.33713	-0.0022	0.0466	-0.00002	0.4935	6.1	0.129	No significativo
Furfural	1.22	0.31823	0.43299	+0.0001	0.8498	-0.00001	0.1572	52.0	0.073	No significativo
Octanoic acid, 2-phenylethyl ester	1.20	0.32521	0.43536	-0.0004	0.0373	+0.00000	0.9433		0.158	No significativo
Octanoic acid, ethyl ester	1.10	0.36807	0.48491	-0.0013	0.5986	+0.00000	0.9870		0.034	No significativo
Octanoic acid, 3-methylbutyl ester	1.09	0.37465	0.48588	-0.0004	0.0717	+0.00000	0.6621		0.134	No significativo
Naphthalene, 1,2-dihydro-1,1,6-trimethyl-	1.07	0.38320	0.48932	-0.0008	0.1747	+0.00000	0.9479		0.072	No significativo
Ethyl Acetate	0.93	0.45433	0.57135	-0.0001	0.9332	+0.00003	0.4827	51.8	0.080	No significativo
Tetradecanoic acid, ethyl ester	0.91	0.46778	0.57948	+0.0011	0.1211	-0.00001	0.5533	89.1	0.135	No significativo
1-Butanol, 3-methyl-, formate	0.89	0.47672	0.58188	-0.0032	0.1438	-0.00001	0.9444		0.087	No significativo
Ethene, ethoxy-	0.82	0.52021	0.62576	-0.0001	0.8953	+0.00003	0.1199	51.2	0.081	No significativo
n-Capric acid isobutyl ester	0.78	0.54516	0.64640	+0.0001	0.2664	+0.00000	0.2176	63.3	0.112	No significativo
Butanoic acid, ethyl ester	0.72	0.58306	0.66293	+0.0005	0.1820	+0.00000	0.7810		0.107	No significativo
n-Decanoic acid	0.74	0.56826	0.66293	+0.0020	0.3014	-0.00006	0.3208	65.4	0.158	No significativo
1-Hexadecanol	0.73	0.57838	0.66293	+0.0006	0.1888	-0.00001	0.7329		0.120	No significativo
Hexanoic acid, ethyl ester	0.62	0.65337	0.73283	-0.0010	0.4455	+0.00001	0.8812		0.070	No significativo
Propanoic acid, ethyl ester	0.58	0.68221	0.75497	-0.0002	0.4544	+0.00000	0.7893	91.5	0.209	No significativo
Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	0.53	0.71514	0.77087	-0.0020	0.2670	+0.00001	0.8828		0.122	No significativo
1-Butanol, 3-methyl-, acetate	0.53	0.71184	0.77087	-0.0004	0.4691	+0.00001	0.4878	65.4	0.079	No significativo
Decanoic acid, ethyl ester	0.50	0.73313	0.78012	+0.0010	0.5821	+0.00001	0.9210		0.070	No significativo
Dodecanoic acid	0.42	0.79221	0.83232	-0.0011	0.4789	-0.00004	0.4280	36.8	0.134	No significativo

Compuesto	F_blend	p_blend	q_FDR	β lineal	p_lin	β cuadrático	p_quad	PA óptimo	R^2	Patrón
6,10-Dodecadien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, (E)-(ñ)-	0.36	0.83316	0.86440	-0.0002	0.6148	+0.00000	0.8302	84.8	0.082	No significativo
Dodecanoic acid, ethyl ester	0.28	0.89164	0.91366	-0.0004	0.7889	+0.00000	0.9387		0.063	No significativo
Hexadecanoic acid, ethyl ester	0.26	0.90473	0.91576	+0.0006	0.4618	+0.00001	0.6196	28.0	0.086	No significativo
Ethanol	0.19	0.94022	0.94022	+0.0000	0.9943	+0.00008	0.5986	49.8	0.079	No significativo

Anexo 21

VIP scores del modelo PLS-DA con validación cruzada LOO-CV

Rank	Compuesto	VIP score	q-FDR (ANOVA)	Patrón blending
1	**Linalool**	**2.101**	0.00000	Sinergia (max interno)
2	**Citronellol**	**1.935**	0.00000	Sinergia (max interno)
3	**Geraniol**	**1.847**	0.00000	Sinergia (max interno)
4	**Hexanoic acid, 1-ethenyl-1,5-dimethyl-4-hexenyl ester**	**1.845**	0.00000	Sinergia (max interno)
5	**Decanoic acid, ethyl ester**	**1.762**	0.78012	No significativo
6	**Ethanol**	**1.726**	0.94022	No significativo
7	**1,5,7-Octatrien-3-ol, 3,7-dimethyl-**	**1.715**	0.00000	Sinergia (max interno)
8	**Octanoic acid, ethyl ester**	**1.626**	0.48491	No significativo
9	**Geranyl ethyl ether 1**	**1.625**	0.00000	Sinergia (max interno)
10	**Phenylethyl Alcohol**	**1.612**	0.00074	Lineal decreciente PA
11	**Acetic acid, 2-phenylethyl ester**	**1.463**	0.00055	Lineal decreciente PA
12	**6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate**	**1.451**	0.00000	Antagonismo (min interno)
13	**2H-Pyran, 3,6-dihydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-**	**1.417**	0.00000	Sinergia (max interno)
14	**Dodecanoic acid, ethyl ester**	**1.402**	0.91366	No significativo
15	**1-Butanol, 3-methyl-**	**1.341**	0.00000	Antagonismo (min interno)
16	**Cyclotrisiloxane, hexamethyl-**	**1.315**	0.77087	No significativo
17	**2,6-Octadiene, 2,6-dimethyl-**	**1.300**	0.00001	Sinergia (max interno)
18	**1-Butanol, 3-methyl-, formate**	**1.243**	0.58188	No significativo
19	**1,4-Dibutyl benzene-1,4-dicarboxylate**	**1.235**	0.00055	Antagonismo (min interno)
20	**Ethyl Acetate**	**1.233**	0.57135	No significativo
21	**1-Propanol, 2-methyl-**	**1.231**	0.00000	Lineal decreciente PA
22	**(2R,5S)-2-Methyl-5-(prop-1-en-2-yl)-2-vinyltetrahydrofuran**	**1.198**	0.00000	Sinergia (max interno)
23	**Propanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester**	**1.152**	0.00000	Lineal decreciente PA
24	**Octanoic acid**	**1.142**	0.00557	Lineal decreciente PA
25	**Butanoic acid, 3-methyl-, ethyl ester**	**1.096**	0.00000	Antagonismo (min interno)
26	**Geranyl ethyl ether 2**	**1.079**	0.00322	Antagonismo (min interno)
27	**2H-Pyran, 2-ethenyltetrahydro-2,6,6-trimethyl-**	**1.051**	0.00000	Sinergia (max interno)
28	**1-Hexanol**	**1.014**	0.00281	Lineal decreciente PA
29	**Hexanoic acid, ethyl ester**	**1.014**	0.73283	No significativo
30	**1H-2-Indenone,2,4,5,6,7,7a-hexahydro-3-(1-methylethyl)-7a-methyl**	**1.012**	0.33713	No significativo
31	**n-Decanoic acid**	0.985	0.66293	No significativo

Rank	Compuesto	VIP score	q-FDR (ANOVA)	Patrón blending
32	**2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-**	0.964	0.00000	Lineal creciente PA
33	**Decanal**	0.887	0.07654	Sinergia (max interno)
34	**Pentane, 1-(1-ethoxyethoxy)-**	0.883	0.00021	Lineal decreciente PA
35	**Phthalic acid, butyl nonyl ester**	0.865	0.00000	Antagonismo (min interno)
36	**D-Limonene**	0.825	0.00000	Sinergia (max interno)
37	**1-Butanol, 3-methyl-, acetate**	0.821	0.77087	No significativo
38	**2-Naphthalenemethanol, 1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydro-.alpha..alpha.4a,8-tetramethyl-, (2R-cis)-**	0.810	0.00000	Antagonismo (min interno)
39	**Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester**	0.804	0.00000	Lineal decreciente PA
40	**(2R,5R)-2-Methyl-5-(prop-1-en-2-yl)-2-vinyltetrahydrofuran**	0.800	0.00000	Sinergia (max interno)
41	**Silanol, trimethyl-**	0.797	0.01014	Lineal decreciente PA
42	**1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-**	0.750	0.00000	Lineal creciente PA
43	**2-Furanmethanol, 5-ethenyltetrahydro-.alpha..alpha.5-trimethyl-, cis-**	0.747	0.00001	Antagonismo (min interno)
44	**Propanoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester**	0.738	0.00000	Lineal creciente PA
45	**Dodecanoic acid**	0.732	0.83232	No significativo
46	**Naphthalene, 1,2-dihydro-1,1,6-trimethyl-**	0.726	0.48932	No significativo
47	**Phthalic acid, hept-4-yl isobutyl ester**	0.706	0.00008	Lineal creciente PA
48	**1-Hexanol, 2-ethyl-**	0.699	0.00000	Lineal creciente PA
49	**Butane, 1,1-diethoxy-**	0.694	0.29958	No significativo
50	**Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-**	0.683	0.00003	Sinergia (max interno)
51	**Geranyl vinyl ether**	0.681	0.00000	Lineal creciente PA
52	**3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trimethyl-**	0.654	0.00000	Lineal creciente PA
53	**Benzoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester**	0.652	0.00000	Lineal creciente PA
54	**Butanoic acid, ethyl ester**	0.643	0.66293	No significativo
55	**1-Propene-1,2,3-tricarboxylic acid, tributyl ester**	0.637	0.12406	Lineal creciente PA
56	**.alpha.-Terpineol**	0.625	0.00000	Antagonismo (min interno)
57	**.beta.-D-Mannofuranoside, farnesyl-**	0.606	0.00000	Lineal decreciente PA
58	**2-Propenoic acid, 3-(4-methoxyphenyl)-, 2-ethylhexyl ester**	0.605	0.06306	Lineal decreciente PA

Rank	Compuesto	VIP score	q-FDR (ANOVA)	Patrón blending
59	**6,10-Dodecadien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, (E)-(ñ)-**	0.585	0.86440	No significativo
60	**Ethene, ethoxy-**	0.563	0.62576	No significativo
61	**1,5,5-Trimethyl-6-methylene-cyclohexene**	0.561	0.00002	Lineal creciente PA
62	**1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-**	0.559	0.00000	Sinergia (max interno)
63	**1-Hexadecanol**	0.557	0.66293	No significativo
64	**6-Hydroxycyclodecanone**	0.553	0.00004	Sinergia (max interno)
65	**Pentadecanoic acid, 3-methylbutyl ester**	0.536	0.24277	No significativo
66	**Octanoic acid, 3-methylbutyl ester**	0.531	0.48588	No significativo
67	**trans-1-Ethoxy-1-butene**	0.485	0.00000	Antagonismo (min interno)
68	**1-Heptanol, 6-methyl-**	0.455	0.00000	Lineal creciente PA
69	**Hexadecanoic acid, ethyl ester**	0.455	0.91576	No significativo
70	**p-Xylene**	0.446	0.01011	Lineal creciente PA
71	**Diethyl azelate**	0.435	0.00174	Lineal decreciente PA
72	**Dodecanoic acid, 2-phenylethyl ester**	0.432	0.06306	Lineal decreciente PA
73	**Tetradecanoic acid, ethyl ester**	0.410	0.57948	No significativo
74	**Butane, 1-(ethenyloxy)-3-methyl-**	0.399	0.02105	Lineal decreciente PA
75	**Octanoic acid, 2-phenylethyl ester**	0.395	0.43536	No significativo
76	**Oleic Acid**	0.374	0.00116	Sinergia (max interno)
77	**Decanoic acid, propyl ester**	0.370	0.00003	Antagonismo (min interno)
78	**.alpha.-Methyl-.alpha.-[4-methyl-3-pentenyl]oxiranemethanol**	0.359	0.00323	Sinergia (max interno)
79	**Furfural**	0.305	0.43299	No significativo
80	**Pentane, 1,1-diethoxy-**	0.296	0.04945	Lineal decreciente PA
81	**Isobutyl acetate**	0.264	0.19135	No significativo
82	**n-Capric acid isobutyl ester**	0.187	0.64640	No significativo
83	**Propanoic acid, ethyl ester**	0.124	0.75497	No significativo

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

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 : Walter Layme Panti
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 47697853
Correo electrónico : laymepantiwalter@gmail.com
Teléfono/Celular : 994640993

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 : "Caracterización Sensorial y Olfatométrica de Pescos aromático (Italico), no aromático (Negra Criolla) y sus interacciones"
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 : 21/07/26

6. DATOS DEL ASESOR:

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

FIRMA :

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 47697253
NOMBRES Y APELLIDOS : Walter Layme Panti

"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 autoria y exclusiva titularidad, o coautoria 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 : 47697253

NOMBRES Y APELLIDOS : Walter Layme Panti

FECHA : 24 - 07 - 2026



ANEXO VIII

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

Yo, Walter Layme Panti,
bachiller de la Escuela Profesional de:
Ingeniería Agroindustrial,
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI Nº... 47697253., autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional denominado:
"Caracterización Sensorial y Olfatométrica de Piscos aromático (Italia), no aromática (Negra Criolla) y sus interacciones"

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, 18 de agosto 2026


Huella digital

Nombres y Apellidos:
DNI: 47697253

TESIS - Walter Layme Panti sustentación final.pdf

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::20208:610024072

Fecha de entrega
24 jul 2026, 8:56 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
24 jul 2026, 9:04 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
TESIS - Walter Layme Panti sustentación final.pdf

Tamaño del archivo
6.8 MB

149 páginas

33.795 palabras

189.057 caracteres

13% 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

10% Fuentes de Internet
6% Publicaciones
9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)



Firmado digitalmente por SALDAÑA VILLA Erick Manuel FAU 20449347448 soft
Fecha: 2026.07.24 09:06:08 -05'00'

Fuentes principales

10% Fuentes de Internet
6% Publicaciones
9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

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

1 Internet
hdl.handle.net <1%

2 Internet
repositorio.lamolina.edu.pe <1%

3 Internet
npcvar.idrblab.net <1%

4 Internet
zaguan.unizar.es <1%

5 Internet
www.producempresarial.pe <1%

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

7 Internet
uvadoc.uva.es <1%

8 Internet
repositorio.unam.edu.pe <1%

9 Trabajos entregados
University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest on 2021-... <1%

10 Internet
ebin.pub <1%

11 Internet
mro.massey.ac.nz <1%

12 Internet
repositorio.ucsp.edu.pe <1%

13 Trabajos entregados
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2026-06-17 <1%

14 Internet
rodin.uca.es <1%

15 Trabajos entregados
Universidad Nacional Agraria La Molina on 2023-11-10 <1%

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

17 Internet
www.t27.ir <1%

18 Internet
dspace.unach.edu.ec <1%

19 Internet
journal.laimburg.it <1%

20 Internet
idoc.pub <1%

21 Internet
repositorio.chapingo.edu.mx <1%

22 Internet
repositorio.uncp.edu.pe <1%

23 Trabajos entregados
Universidad del Valle de Guatemala on 2026-01-22 <1%

24 Internet
cybertesis.unmsm.edu.pe <1%

25 Internet
dl.dropboxusercontent.com <1%

26 Internet
repositorio.uchile.cl <1%

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

28 Publicación
Sara Canas, Ofélia Anjos, Ilda Caldeira, Tiago A. Fernandes et al. "Micro-oxygenati... <1%

29 Publicación
Wang, Z.. "Improved solvent-free microwave extraction of essential oil from dried... <1%

30 Publicación
Lin Cheng, Xin Feng, Yujing Wang, Yifang Chen, Bing Li, Feiliang Zhong, Xuegang ... <1%

31 Internet
digital.csic.es <1%

32 Internet
idus.us.es <1%

33 Internet
repository.lib.ncsu.edu <1%

34 Internet
tesis.pucp.edu.pe <1%

35 Internet
marcianosz.com <1%

36 Internet
patents.google.com <1%

37 Trabajos entregados
Universidad Europea de Madrid on 2023-07-11 <1%

38 Internet
repositorio.unicach.mx <1%

39 Internet
www.colibri.udelar.edu.uy <1%

40 Publicación
Janaina Sánchez García. "Desarrollo y caracterización de nuevas harinas de lentej... <1%

41 Trabajos entregados
Universidad de Sevilla on 2021-02-11 <1%

42 Internet
repositorio.maua.br <1%

43 Trabajos entregados
Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2021-09-09 <1%

44 Internet
grad.uprm.edu <1%

45 Internet
hal.science <1%

46 Trabajos entregados
Mondragon Unibertsitatea on 2021-06-28 <1%

47 Internet
apirepositorio.unu.edu.pe <1%

48 Internet
www.cien.adexperu.org.pe <1%

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

50 Trabajos entregados
Universidad Nacional Agraria la Molina on 2026-06-11 <1%

51 Trabajos entregados
Universita degli Studi di Torino on 2023-05-15 <1%

52 Internet
orbi.uliege.be <1%

53 Internet
www.gerstelus.com <1%

54 Trabajos entregados
Blackboard Productivo on 2026-03-03 <1%

55 Internet
dialnet.unirioja.es <1%

56 Internet
www.freepatentsonline.com <1%

57 Publicación
Dorota Cais-Sokolińska, Łukasz K Kaczyński, Paulina Bierzuńska, Ewa Skotarczak, ... <1%

58 Publicación
Li, Shanshan, Liguang Chen, Yanjun Xu, Lijin Wang, and Liangsheng Wang. "Ident... <1%

59 Trabajos entregados
Mondragon Unibertsitatea on 2026-06-11 <1%

60 Internet
git.embl.de <1%

61 Internet
ia2.unizar.es <1%

62 Internet
investigacion.unirioja.es <1%

63 Internet
repositorio.uladech.edu.pe <1%

64 Internet
repositorio.unsa.edu.pe <1%

65 Internet
revistas.tec.ac.cr <1%

66 Internet
www.docstoc.com <1%

67 Internet
digi.lib.ttu.ee <1%

68 Internet
repositorio.unjfsc.edu.pe <1%

69 Internet
seqa.es <1%

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

71 Publicación
António, Alexandra Sofia Matias Duarte. "Determinação do Salicilato de Metilo Co... <1%

72 Publicación
Qingyue Zhang, Yixiao Wang, Jing Hu, Xiyue Zhang, Jun He, Xiaoting Xuan, Lufang... <1%

73 Trabajos entregados
Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion on 2025-12-04 <1%

74 Trabajos entregados
University of Lincoln on 2023-05-03 <1%

75 Trabajos entregados
University of Northumbria at Newcastle on 2022-05-27 <1%

76 Trabajos entregados
Wageningen University on 2025-01-27 <1%

77 Internet
aap.uaem.mx <1%

78 Internet
diposit.ub.edu <1%

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

80 Internet
repositorio.unfv.edu.pe <1%

81 Trabajos entregados
National University of Singapore on 2023-09-18 <1%

82 Trabajos entregados
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann on 2026-07-08 <1%

83 Trabajos entregados
University of Hertfordshire on 2025-04-24 <1%

84 Internet
blogs.imf-formacion.com <1%

85 Internet
journal.pan.olsztyn.pl <1%

86 Internet
www.patentsencyclopedia.com <1%

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

88 Trabajos entregados
UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología (NO TOCAR) on 2026-04-17 <1%

89 Trabajos entregados
Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-22 <1%

90 Trabajos entregados
Universidad Nacional Agraria la Molina on 2026-06-30 <1%

91 Trabajos entregados
Universidad Peruana Cayetano Heredia on 2016-02-04 <1%

92 Trabajos entregados
Universidad del Valle de Guatemala on 2025-10-04 <1%

93 Publicación
Valeria Messina, Andrea Biolatto, Adriana Descalzo, Ana Sancho, Rosa Baby, Noe... <1%

94 Internet
db-pandora.univ-lr.fr <1%

95 Publicación
Guerra, Edinson Samuel Islachin | Eduardo, Sotelo Gala Julio | Elizabeth, Ore Sara... <1%

96 Trabajos entregados
Heriot-Watt University on 2018-08-23 <1%

97 Publicación
Neves, Patricia dos Santos. "Catalisadores Ou Precursores De Especies Activas a B... <1%

98 Publicación
Sulca Guillen, Richard. "La influencia del sistema de control interno en la rentabili... <1%

99 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2016-03-21 <1%

100 Trabajos entregados
Universidad Nacional Hermilio Valdizan on 2025-11-29 <1%

101 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-07-27 <1%

102 Trabajos entregados
Universidad de Salamanca on 2026-03-27 <1%

103 Internet
ourarchive.otago.ac.nz <1%

104 Internet
repositorio.unh.edu.pe <1%

105 Internet
repositorio.unicartagena.edu.co <1%

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

107 Internet
www.ec.gc.ca <1%

108 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Cajamarca on 2026-02-05 <1%

109 Trabajos entregados
Universidad Nacional del Centro del Peru on 2021-05-25 <1%

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

111 Internet
exp-odorspace.weizmann.ac.il <1%

112 Internet
informatics.kiom.re.kr <1%

113 Internet
revistas.uned.ac.cr <1%

114 Publicación
Fabricio Diaz-del Aguila, Hilda Rocío Díaz-del Aguila, Jeison Elí Sánchez Calle, Ibis ... <1%

115 Trabajos entregados
Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador on 2018-0... <1%

116 Publicación
Haona Bao, Luis Rodriguez-Saona. "Real-time Monitoring of Flavor-Active Compo... <1%

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

118 Trabajos entregados
Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2026-07-09 <1%

119 Trabajos entregados
Universidad Cientifica del Sur on 2025-11-20 <1%

120 Trabajos entregados
Universidad Nacional Federico Villarreal on 2026-02-18 <1%

121 Trabajos entregados
Universidad Rey Juan Carlos on 2025-09-29 <1%

122 Internet
eurchembull.com <1%

123 Internet
helvia.uco.es <1%

124 Internet
patents.justia.com <1%

125 Internet
renati.sunedu.gob.pe <1%

126 Internet
repositorio.ute.edu.ec <1%

127 Publicación
"Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil - Volume 1", Editora Cientifica Di... <1%

128 Trabajos entregados
Bemidji State University on 2024-08-05 <1%

129 Publicación
Buis, Rebecca C.. "The Validation of Human Decomposition Fluid as a Cadaver-Det... <1%

130 Trabajos entregados
Corporación Universitaria Lasallista on 2025-07-09 <1%

131 Publicación
Harrison de la Rosa Ramírez. "Desarrollo de formulaciones de ácido poliláctico (P... <1%

132 Trabajos entregados
Heriot-Watt University on 2018-08-24 <1%

133 Trabajos entregados
Universidad Agraria del Ecuador on 2026-03-17 <1%

134 Trabajos entregados
Universidad Católica Boliviana "San Pablo" on 2024-11-04 <1%

135 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-11-12 <1%

136 Trabajos entregados
Universidad de Alcalá on 2024-07-22 <1%

137 Trabajos entregados
Universidad de Almeria on 2017-09-24 <1%

138 Trabajos entregados
Universidad del Valle on 2017-04-03 <1%

139 Trabajos entregados
University of Johannsburg on 2021-11-25 <1%

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

141 Internet
core.ac.uk <1%

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

143 Internet
www.acmf.cat <1%

144 Internet
www.jove.com <1%

145 Internet
www.norman-network.com <1%

146 Publicación
Ashmore, Philip Layton. "Methods of Beverage Analysis: Novel Electrokinetic and ... <1%

147 Publicación
Cavaco, Carina Sousa. "Estabelecimento do Perfil Metabolómico Volátil da Urina e... <1%

148 Trabajos entregados
D.A. de Derecho on 2026-06-20 <1%

149 Publicación
Daniel A. Jacobo-Velázquez, Gerardo Castellanos-Dohnal, Porfirio Caballero-Mata,... <1%

150 Publicación
Davey, Mitchell T.. "Examining the Role of Frost Damage on Leaf Composition to ... <1%

151 Trabajos entregados
Escuela Politecnica Nacional on 2016-09-26 <1%

152 Publicación
Sabrina Angeletti, Patricia M Cervellini, Leticia Lescano. "Burrowing activity of th... <1%

153 Publicación
Sunil Kr. Jha, Ninoslav Marina, Chuanjun Liu, Kenshi Hayashi. "Human body odor ... <1%

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

155 Trabajos entregados
Universidad Carlos III de Madrid - EUR on 2025-06-03 <1%

156 Trabajos entregados
Universidad Catolica de Santo Domingo on 2018-09-28 <1%

157 Trabajos entregados
Universidad Católica San Pablo on 2021-11-04 <1%

158 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2017-03-21 <1%

159 Trabajos entregados
Universidad Internacional de la Rioja on 2024-11-11 <1%

160 Trabajos entregados
Universidad Internacional del Ecuador on 2026-06-03 <1%

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

162 Trabajos entregados
Universidad Privada del Norte on 2024-03-02 <1%

163 Trabajos entregados
Universidad San Ignacio de Loyola on 2025-06-18 <1%

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

165 Trabajos entregados
Universidad del Valle de Guatemala on 2024-08-23 <1%

166 Trabajos entregados
Universidade Estadual de Campinas on 2019-11-14 <1%

167 Internet
cederul.unizar.es <1%

168 Internet
chemical.emb.gov.ph <1%

169 Internet
ciatej.repositorioinstitucional.mx <1%

170 Internet
cybertesis.uni.edu.pe <1%

171 Internet
ddd.uab.cat <1%

172 Internet
docplayer.es <1%

173 Internet
documentop.com <1%

174 Internet
etheses.whiterose.ac.uk <1%

175 Internet
jadimike.unachi.ac.pa <1%

176 Internet
mdpi-res.com <1%

177 Internet
orcid.org <1%

178 Internet
pdfcoffee.com <1%

179 Internet
repositorio.pucp.edu.pe <1%

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

181 Internet
tesis.ipn.mx <1%

182 Trabajos entregados
uncedu on 2024-03-10 <1%

183 Internet
vsip.info <1%

184 Internet
www.tandfonline.com <1%

185 Publicación
"Characterization of texture and flavor compounds of selected Chilean seaweed",... <1%

186 Publicación
Anido, Marta Pazos. "La (auto)evaluación y el desarrollo de la competencia docen... <1%

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

188 Trabajos entregados
CONACYT on 2018-05-16 <1%

189 Publicación
ESTEBAN MAURICIO FUENTES PÉREZ. "Aplicación de la lengua electrónica voltamé... <1%

190 Publicación
Galego, Ludovina Rodrigues. "Bebidas Espirituosas do Algarve", Universidade do ... <1%

191 Publicación
Ibrahim Mujić, Mojca Bavcon Kralj, Stela Jokić, Tjaša Jug et al. "Characterisation of... <1%

192 Trabajos entregados
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente on 2026-03-19 <1%

193 Publicación
Katiúcia Alves Amorim, Louise Paiva Passos, Alexandre Henrique Silas Souza, Viní... <1%

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

195 Publicación
Martinez Ferreras, Fern. "Aplicacion de metodologias quimiometricas a la luminis... <1%

196 Trabajos entregados
Mondragon Unibertsitatea on 2025-05-30 <1%

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

198 Publicación
Simon, Carmen Diez. "Volatile Characterization: Optimizing GC-MS Methods to Re... <1%

199 Trabajos entregados
Systems Link on 2013-02-24 <1%

200 Trabajos entregados
Taylor's Education Group on 2025-04-13 <1%

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

202 Trabajos entregados
UTEC Universidad de Ingenieria & Tecnologia on 2023-11-01 <1%

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

204 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2018-06-30 <1%

205 Trabajos entregados
Universidad EAFIT on 2026-07-23 <1%

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

207 Trabajos entregados
Universidad Nacional Autonoma Altoandina de Tarma on 2026-07-11 <1%

208 Trabajos entregados
Universidad Privada San Juan Bautista on 2026-04-28 <1%

209 Trabajos entregados
Universidad Ricardo Palma on 2018-03-09 <1%

210 Trabajos entregados
Universidad San Ignacio de Loyola on 2018-09-03 <1%

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

212 Trabajos entregados
Universidad de Caldas on 2016-11-28 <1%

213 Trabajos entregados
Universidad de Chile on 2018-04-02 <1%

214 Trabajos entregados
Universidad de Cádiz on 2024-07-11 <1%

215 Trabajos entregados
Universidad de Córdoba on 2021-05-10 <1%

216 Trabajos entregados
Universidad de Salamanca on 2026-07-01 <1%

217 Trabajos entregados
Universidad del Valle de Guatemala on 2023-09-21 <1%

218 Internet
api-repositorio.unapiquitos.edu.pe <1%

219 Internet
compilacion.ordenjuridico.gob.mx <1%

220 Internet
downloads.hindawi.com <1%

221 Internet
es.scribd.com <1%

222 Internet
flore.unifi.it <1%

223 Internet
molecules.gnu-darwin.org <1%

224 Internet
repositorio.ifgoiano.edu.br <1%

225 Internet
repositorio.ugto.mx <1%

226 Internet
repositorio.uisek.edu.ec <1%

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

228 Internet
repositorio.unraf.edu.ar <1%

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

230 Internet
ruidera.uclm.es <1%

231 Internet
scholar.uoc.ac.in <1%

232 Internet
theses.hal.science <1%

233 Internet
www.cambiodemichoacan.com.mx <1%

234 Internet
www.gob.mx <1%

235 Internet
www.investigarmqr.com <1%

236 Internet

www.khatu.com.ar <1%

237 Internet

www.repositorio.ufop.br <1%

238 Internet

www.verlang.com <1%

Universidad Nacional de Moquegua

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO

N° 644-2026-CU

Moquegua, 23 de setiembre de 2026

VISTOS:

La Resolución de Consejo de Facultad N° 454-2026-CF-FAIN-UNAM, emitida por la Facultad de Ingenierías; el Informe N° D0493-2026-UNAM-R-FAIN, emitido por la Decana de la Facultad de Ingenierías, el Informe Técnico N° D0132-2026-SG-GT, emitido por la Especialista Administrativo II de Grados y Títulos; el Informe N° D0487-2026-UNAM-R-SG, emitido por el Secretario General de la UNAM; el Proveído N° 4732-2026-R, emitido por el señor Rector; el Acuerdo del Pleno del Consejo Universitario de Sesión Extraordinaria N° 39-2026-SE-CU-UNAM, de fecha 23 de setiembre de 2026; y,

CONSIDERANDO:

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

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

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

Que, mediante Resolución de Asamblea Universitaria N° 006-2026-AU, de fecha 20 de abril de 2026, se aprobó la incorporación de la Disposición Transitoria N° 22 al Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, 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° 454-2026-CF-FAIN-UNAM, de fecha 03 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 dos (02) Bachilleres 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: WALTER LAYME PANTI y LUIS RONALDO CCAMA ESCALANTE;

Que, mediante Informe N° D0493-2026-UNAM-R-FAIN, de fecha 08 de setiembre de 2026, la Decana de la Facultad de Ingenierías remite a Secretaría General la Resolución de Consejo de Facultad Nº 454-2026-CF-FAIN-UNAM, de fecha 03 de setiembre de 2026;

Que, mediante Informe Técnico N° D0132-2026-SG-GT de fecha 10 de setiembre de 2026, e Informe N° D0487-2026-UNAM-R-SG de fecha 11 de setiembre de 2026, el Secretario General de la UNAM, remite al Rectorado los expedientes para el trámite de Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial a favor de los Bachilleres: WALTER LAYME PANTI y LUIS RONALDO CCAMA ESCALANTE de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, quienes se encuentran aptos 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 dichos expedientes como punto de agenda para ser tratado en Sesión Extraordinaria de Consejo Universitario de fecha 23 de setiembre de 2026;

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

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, precisa los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

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

Universidad Nacional de Moquegua

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 644-2026-CU

Moquegua, 23 de setiembre de 2026

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

Que, bajo el amparo de los considerandos precedentes, el Pleno del Consejo Universitario en Sesión Extraordinaria N° 39-2026-SE-CU-UNAM, de fecha 23 de setiembre 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 a los Bachilleres: WALTER LAYME PANTI y LUIS RONALDO CCAMA ESCALANTE, 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, a los Bachilleres:

- **WALTER LAYME PANTI**
- **LUIS RONALDO CCAMA ESCALANTE**

El **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL.**

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

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

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

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

REGÍSTRESE, PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE;

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA 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, *Interesados*, C.c. Arch.
SVR

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