Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Grado en Enología

CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL AROMÁTICO DE VINOS TINTOS COMERCIALES: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE VENDIMIAS

Junio de 2025

Alumna: Lucía Guzón Franco

Tutoras: Encarnación Fernández Fernández
Violeta Ruipérez Prádanos

ÍNDICE

RESUMEN 1
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES 1
2. OBJETIVOS 3
3. MATERIALES Y MÉTODOS 3
3.1. Muestras 3
3.2. Análisis fisicoquímico 3
3.3. Análisis de compuestos orgánicos volátiles (VOCs) 3
3.4. Análisis sensorial descriptivo cuantitativo 4
3.5. Estudio de consumidores 5
3.6. Análisis estadístico 5
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 5
4.1. Análisis fisicoquímico 5
4.2. Análisis de compuestos orgánicos volátiles (VOCs) 8
4.3. Análisis sensorial 21
4.3.1. Análisis sensorial descriptivo cuantitativo 21
4.3.2. Estudio de consumidores 25
5. CONCLUSIONES 26
6. BIBLIOGRAFÍA 27

RESUMEN

Con los años, el estudio del vino y todo lo relacionado con el sector vitícola ha ido en aumento. Tanto el análisis sensorial como el análisis de compuestos aromáticos ha adquirido un papel esencial, ya que determina la percepción final del consumidor y con ello, su aceptación en el mercado. El presente Trabajo de fin de grado tiene como objetivo caracterizar vinos tintos comerciales de dos vendimias consecutivas. Para ello, se llevó a cabo una evaluación sensorial con un panel de catadores entrenados, así como un estudio de consumidores. Se analizaron también compuestos orgánicos volátiles de los vinos mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, cuyo perfil aromático sirvió para conocer las diferencias y semejanzas entre ambas vendimias. Los datos obtenidos fueron procesados y estudiados mediante herramientas estadísticas. Los resultados del estudio revelan que vinos de distintas añadas, muestran diferencias significativas entre ellos. Además, a pesar de la gran cantidad de compuestos orgánicos volátiles (VOCs) detectados en los vinos de las añadas 2023 y 2024, solo una pequeña parte de ellos fueron significativos, destacando esta última con mayor cantidad de VOCs tanto significativos, como no significativos. Los análisis fisicoquímicos mostraron que los vinos de 2024 tenían mayor alcohol, pH, ácido láctico y glicerol. El perfil aromático de 2023 se inclinó hacia aromas florales provenientes del acetato de isoamilo y fenetilo, mientras que en la añada 2024 destacaron los terpenos y norisoprenoides que aportan aromas frutales al vino, que unido a la mayor cantidad de VOCs produjo vinos con mayor complejidad aromática. En la añada 2024, el panel de catadores entrenado observó diferencias significativas en un mayor número de atributos entre las muestras que en los vinos de la añada 2023, lo que indica que la variabilidad sensorial fue más pronunciada entre los vinos. Aunque el panel de catadores identificó diferencias entre los vinos de la cosecha 2024, los consumidores los valoraron positivamente en general y no se observaron diferencias significativas en los atributos evaluados por los consumidores. No obstante, aspectos como la acidez o el carácter afrutado podrían influir en las preferencias personales de los consumidores. Este trabajo pone de manifiesto que la identificación de VOCs, el análisis sensorial y el análisis fisicoquímico, constituyen técnicas complementarias y esenciales para una caracterización integral del vino.

Palabras clave: Vino tinto, análisis sensorial, compuestos aromáticos

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El vino es una bebida alcohólica que se produce exclusivamente a partir de la fermentación parcial o completa de uva fresca o mosto de uva, con un contenido alcohólico real superior al 8,5 % (v/v) (Liu et al., 2023). Las características distintivas de los diferentes vinos están determinadas por múltiples factores, como la calidad de la uva, las prácticas de vinificación y los microorganismos encargados de la fermentación. La apariencia, el aroma, el sabor y la sensación en boca son cuatro indicadores clave en la percepción del consumidor para juzgar la calidad del vino (Li & Duan, 2019).

En este sentido, el análisis sensorial es clave para evaluar de forma objetiva la percepción de un vino a través de los sentidos y realizar una caracterización organoléptica de los vinos. La Norma UNE-EN-ISO 5492-2010 define el análisis sensorial como: “Ciencia relacionada con la evaluación de los atributos organolépticos de un producto mediante los sentidos”. Elementos como el color, evaluado mediante

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

parámetros como el índice de intensidad colorante (IC), están estrechamente ligados a la concentración de antocianos y taninos, compuestos fenólicos que se desarrollan durante la maduración de la uva y la vinificación (Jackson, 2014). Asimismo, los compuestos volátiles presentes en el vino, constituido por cientos de ellos como son los alcoholes superiores, ésteres, aldehídos y terpenos, entre otros, son responsables del perfil aromático del vino y tienen un impacto directo en su percepción sensorial. Estas sustancias, que pueden provenir directamente de la uva (aromas primarios), del proceso de fermentación (aromas secundarios) o de procesos de envejecimiento del vino (aromas terciarios), influyen en la expresión de aromas frutales, florales, especiados o herbáceos, que el consumidor asocia a la calidad del producto (Ayestarán et al., 2019; González-Barreiro et al., 2015).

Las prácticas vitícolas son de especial importancia en la producción de uvas que reflejen los sabores varietales y aromas y/o caracteres típicos de una región específica. Esto implica cosechar uvas en etapas específicas de madurez dependiendo del estilo de vino a elaborar. Las estrategias que se implementen determinarán aún más el desarrollo del aroma y sabor del vino. y las técnicas de procesado específicas y de fermentación que se implementen determinarán el perfil aromático del vino. Además de algunos tratamientos prefermentativos como la maceración, la composición de la microflora presente en el mosto de uva y, en particular, las cepas de levaduras y bacterias implicadas en la vinificación, son de gran relevancia (Styger et al., 2011).

La microbiota presente en el mosto, particularmente las levaduras del género *Saccharomyces* y especies no-*Saccharomyces*, interactúan durante la fermentación alcohólica, generando una serie de metabolitos secundarios que enriquecen el perfil organoléptico. La fermentación maloláctica, llevada a cabo principalmente por *Oenococcus oeni*, contribuye a estabilizar microbiológicamente el vino, suavizar la acidez y aportar nuevas notas sensoriales (Liu, 2002).

El perfil final de aroma y sabor depende además en gran medida de todos los aspectos de los tratamientos posteriores a la fermentación, como la filtración y la crianza (Styger et al., 2011). Durante el proceso de crianza, ya sea en acero inoxidable, depósitos de cemento o barricas de roble, ocurren transformaciones significativas. En los vinos envejecidos en barrica, la transferencia de compuestos fenólicos y aromáticos de la madera al vino, como lactonas, aldehídos, compuestos volátiles fenólicos y taninos, aporta complejidad sensorial, especialmente en aromas tostados, especiados y de vainilla (Waterhouse et al., 2016). Además, la microoxigenación que se produce a través de las paredes de la barrica o mediante técnicas controladas, favorece la polimerización de taninos, reduciendo la astringencia y aumentando la estabilidad del color (Gómez-Plaza & Cano-López, 2011).

En el presente trabajo, se evaluaron las diferencias y semejanzas entre vinos de dos añadas consecutivas, 2023 y 2024, para así determinar el impacto de las decisiones enológicas tomadas. Los vinos pertenecen a distintas añadas, pero han sido elaborados con uvas de la misma parcela, siguiendo la práctica vitícola biodinámica. La fermentación alcohólica y maloláctica se ha realizado de forma espontánea.

Para las añadas 2023 y 2024 se realizó un estudio sensorial con un panel de catadores entrenados donde se valoraron diferentes descriptores relacionados con las fases visual, olfativa y gustativa de los vinos. Además, para la añada 2024 se hizo un estudio de consumidores valorando la aceptabilidad del olor y del sabor así como la

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

aceptabilidad global, que sirvió para reunir más información sobre las características sensoriales de los vinos de estudio.

Por otra parte, para los vinos de las dos añadas se efectuó un análisis de aromas mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, que permitió obtener una determinación de los compuestos volátiles que caracterizan a cada muestra y junto con el análisis sensorial observar la relación que guardan ambas técnicas de análisis de las características organolépticas de los vinos.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo es caracterizar cinco vinos comerciales elaborados durante dos añadas, 2023 y 2024, mediante análisis sensorial y determinación de su perfil de compuestos volátiles.

Para esto se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar con un panel de catadores entrenado el perfil sensorial de los vinos de las añadas 2023 y 2024.
- Determinar mediante un análisis de los compuestos volátiles el perfil aromático de los vinos de ambas añadas.
- Realizar un estudio de consumidores con los vinos de la añada 2024.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Muestras

Para la realización del estudio, una bodega de la D.O. Ribera del Duero ha sido la encargada de suministrar cinco muestras de vinos tintos de la variedad Tempranillo elaborados en las añadas 2023 y 2024. En este trabajo se nombran como PS1-23, PS2-23, PS3-23, PS4-23, PS5-23 las muestras de vino del año 2023, y como PS1-24, PS2-24, PS3-24, PS4-24, PS5-24 las muestras de vino del año 2024.

3.2. Análisis fisicoquímico

El análisis fisicoquímico de las muestras se llevó a cabo en la bodega. El pH y la acidez total se midieron utilizando un pH-metro. El etanol, los azúcares reductores, el ácido láctico, el ácido cítrico y los parámetros químicos diarios se analizaron utilizando un WineScan™ SO_2, que emplea espectroscopía infrarroja por transformación de Fourier (FTIR). Las concentraciones de ácidos acético y málico, así como las de D-glucosa y D-fructosa, se determinaron utilizando un analizador Biosystems Y15. También se determinó el índice de Folin utilizando un espectrofotómetro UV-VIS. Los análisis fisicoquímicos se realizaron por duplicado.

3.3. Análisis de compuestos orgánicos volátiles (VOCs)

Para el análisis de compuestos volátiles de las muestras de vino a analizar, se enviaron al Laboratorio de Técnicas Instrumentales (LTI) de la Universidad de Valladolid, y se realizaron por duplicado. En este análisis se utilizó cromatografía de gases de espacio de cabeza (“headspace-solid-phase gas chromatography”) acoplada a espectrometría de masas. Se realizó mediante el autoanalizador CombiPal RSI 120 (CTC Analytics AG, Zwingen, Switzerland) conectado con un cromatógrafo de gases 7890A (Agilent

Technologies, Santa Clara, CA, USA) y un detector selectivo de masas 5977 (Agilent Technologies) (Blanco-Huerta et al., 2023).

Una vez realizada la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, se realizó la comparación de sus espectros de masas con estándares puros y/o con las bases de datos NIST08 v. 2.4 y Wiley7 libraries, para lograr una identificación satisfactoria de los compuestos volátiles. Para la cuantificación, se utilizó el método basado en el patrón interno del 2-octanol, donde los resultados se expresan como equivalentes del 2-octanol en mg/L $\pm$ desviación estándar (Ayestarán et al., 2019).

3.4. Análisis sensorial descriptivo cuantitativo

En el presente trabajo, se realizó un análisis sensorial descriptivo cuantitativo mediante un panel de catadores entrenado en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (ETSIIAA).

Para los vinos de la añada 2023, fueron 6 catadores (2 mujeres y 4 hombres) los que participaron en el análisis, los cuales estaban seleccionados y entrenados según la norma UNE-EN ISO 8586:2024. Para los vinos de la añada 2024 el panel de catadores se entrenó de la misma manera, y estaba formado por 11 participantes (5 mujeres y 6 hombres). Antes de realizar el trabajo como panel de catadores entrenados en ambos años, se comprobó estadísticamente que estaban capacitados y eran eficaces, es decir, que tanto individualmente como en grupo alcanzaban las expectativas en cuanto a capacidad discriminativa, reproducibilidad y concordancia.

Para realizar este estudio, se utilizó una ficha de cata con 13 descriptores, donde se evalúa su intensidad en una escala lineal no estructurada de 10 cm, donde el 0 indica la menor intensidad y el 10 la mayor intensidad. En la Tabla 1, mostrada a continuación, se detallan los 13 descriptores analizados clasificados según a la fase a la que pertenecen.

Tabla 1. *Descriptores empleados en la ficha de cata del panel de catadores*

Fase	**DESCRIPTOR**
Fase visual	Tonalidad
	Intensidad de la capa
Fase olfativa	Intensidad del olor
	Afrutado
	Mantequilla (diacetilo)
	Láctico
Fase gustativa	Alcohólico
	Amargo
	Ácido
	Astringente
	Volumen en boca
	Intensidad
	Persistencia

Los catadores entrenados evaluaron por duplicado los cinco vinos de las dos añadas. Las muestras se presentaron, siguiendo un cronograma diseñado para que todos los catadores pudieran analizar todas las muestras de forma aleatoria donde cada muestra estaba marcada por un código de tres cifras. Para la recogida de datos de la añada 2023 se utilizaron fichas de cata en papel y para la recogida de datos de la añada 2024 se utilizó el programa “Smart Sensory Solutions”.

Las sesiones se realizaron en la sala de catas de la ETSIIAA en Palencia, que cumple la norma UNE-EN ISO 8589:2010. Las copas utilizadas siguen la Norma UNE 87022:1992.

3.5. Estudio de consumidores

Paralelamente se realizó un estudio de consumidores, también en la sala de catas de la ETSIIAA, para los vinos de la añada 2024, donde la participación fue de 109 jueces. El género y la edad del número total de participantes se recoge en las Tablas 2 y 3 que se muestra a continuación.

Tabla 2. *Análisis de edad*

Grupo de edad (años)	Participación (%)
De 18 a 24	52,53
De 25 a 34	15,15
De 35 a 44	8,08
De 45 a 54	22,22
De 55 a 64	10,10
Más de 65	2,02

Tabla 3. *Análisis de género*

Género	Participación (%)
Femenino	63,30
Masculino	36,70
No binario	0

Para el análisis de consumidores se realizó una cata de los cinco vinos de la añada 2024 evaluados utilizando una escala hedónica de valores del 1 al 9, donde el 1 representaba “me disgusta muchísimo” y el 9 “me gusta muchísimo”. En esta se puntuaba el olor, el sabor y la aceptabilidad global de los cinco vinos, que contaban con un código de 3 dígitos y presentados también aleatoriamente para asegurar la cata a ciegas y evitar cualquier sesgo por parte de los consumidores. La recogida de datos se realizó con el programa “Smart Sensory Solutions”.

3.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se trataron estadísticamente con diferentes programas: IBM SPSS Statistics (Version 29) y Statgraphics Centurion XIX (Statpoint Technologies, Inc., Warrenton, USA). Con ellos se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), y se utilizó como prueba de comparación de medias la prueba de Tukey ($p<0,05$), para comprobar entre qué muestras existían diferencias estadísticamente significativas en los parámetros fisicoquímicos, en los compuestos orgánicos volátiles, así como en los resultados de las catas de consumidores y del panel de catadores entrenado. Además, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para agrupar los parámetros analizados que presentan patrones de comportamiento similares entre los distintos vinos del estudio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis fisicoquímico

Se realizaron pruebas fisicoquímicas para analizar distintos parámetros de interés en los vinos de ambas añadas. En las Tablas 4 y 5, se detallan los datos relativos a los análisis fisicoquímicos realizados en el laboratorio para los cinco vinos de cada añada respectivamente.

Tabla 4. *Media y desviación estándar de los datos fisicoquímicos de los vinos añada 2023*

Muestra	PS1-23	PS2-23	PS3-23	PS4-23	PS5-23
% vol	13,56±0,00^{c}	14,03±0,01^{e}	13,66±0,01^{d}	13,45±0,02^{b}	12,94±0,01^{a}
AV	0,46±0,01^{a}	0,47±0,01^{ab}	0,49±0,01^{b}	0,45±0,00^{a}	0,47±0,01^{ab}
pH	3,43±0,01^{a}	3,77±0,01^{d}	3,55±0,01^{b}	3,69±0,01^{c}	3,70±0,02^{c}
AT	5,45±0,07^{c}	5,6±0,00^{d}	5,7±0,00^{d}	5,2±0,00^{b}	4,6±0,00^{a}
Gly	8,4±0,1^{a}	9,0±0,0^{c}	8,8±0,0^{b}	9,2±0,0^{d}	8,5±0,1^{a}
IPT	62±1^{a}	91±0^{e}	75±1^{b}	79±0^{c}	84±1^{d}
IC	7,0±0,0^{a}	16,0±0,0^{e}	10,0±0,0^{c}	15,0±0,0^{d}	8,0±0,0^{b}
Az. red.	2,4±0,1^{ab}	2,5±0,1^{bc}	2,2±0,2^{ab}	2,8±0,1^{c}	2,0±0,0^{a}
LH	0,6±0,0^{a}	1,3±0,0 ^{c}	1,1±0,0 ^{b}	1,2±0,0 ^{bc}	1,6±0,0 ^{d}
TH_2	3,7±0,0^{c}	3,5±0,0^{b}	3,5±0,1^{b}	3,4±0,0^{b}	2,5±0,0^{a}
Cítrico	110±0^{a}	160±0^{b}	155±21^{ab}	135±7^{ab}	170±14^{b}

*Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de vino ($p < 0,05$). Test de Tukey. % vol: grado alcohólico expresado en porcentaje en volumen; AV: acidez volátil expresada en g/L de ácido acético; pH: potencial de hidrógeno; AT: acidez total expresada en g/L de ácido tartárico; Gly: glicerol expresado en g/L; IPT: polifenoles totales expresado en IPT (índice de polifenoles totales); IC: índice de color; Az red.: azúcares reductores expresados en g/L; LH: ácido láctico expresado en g/L de ácido láctico; TH_2: ácido tartárico expresado en g/L de ácido tartárico; Cítrico: ácido cítrico expresado en g/L de ácido cítrico.

Analizando los datos fisicoquímicos de la añada 2023 (Tabla 4), se puede determinar que se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las muestras en todos los parámetros analizados. El grado alcohólico oscila entre 12,94 y 14,03 %, siendo la muestra PS2-23 la que presenta mayor contenido en alcohol, pudiendo estar asociado a uvas con mayor contenido en azúcar. Los valores de acidez volátil son bastante homogéneos en todas las muestras (valores entre 0,45–0,49 g/L), aunque sí se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las muestras. Tanto el pH, que va desde valores de 3,43 a 3,77, como la acidez total que ronda valores entre 4,6 y 5,7 g/L, son datos adecuados para vinos tintos, según lo que detalla la OIV en su compendio de métodos internacionales de análisis de vinos y mostos del 2021. El glicerol, compuesto que contribuye a la untuosidad y sensación de volumen en boca del vino, oscila entre 8,4 y 9,2 g/L, siendo mayor en la muestra PS4-23. Diferentes autores (Belda et al., 2016) han demostrado que distintos tratamientos fermentativos pueden incrementar los niveles de glicerol y modificar el perfil sensorial del vino. Los azúcares reductores mostraron valores entre 2,0 y 2,8 g/L, destacando el vino PS4-23 con mayor contenido de azúcares residuales. En cuanto a compuestos como el ácido láctico (0,6–1,6 mg/L) y el ácido tartárico (2,5–3,7 mg/L) también presentaron diferencias significativas entre muestras, lo que sugiere una influencia del metabolismo microbiano. Por último, el ácido cítrico, que osciló entre 110 y 170 mg/L, reflejando diferencias estadísticamente significativas entre muestras. El índice de polifenoles totales (IPT) y el índice de color (IC) reflejan diferencias claras entre las muestras, siendo la muestra PS2-23 la que destaca por una mayor concentración de compuestos fenólicos y mayor intensidad cromática, con valores de 91 y 16,0 respectivamente.

Tabla 5. *Media y desviación estándar de los datos fisicoquímicos de los vinos añada 2024*

Muestra	**PS1-24**	**PS2-24**	**PS3-24**	**PS4-24**	**PS5-24**
% vol	14,28±0,02^{e}	14,01±0,02^{d}	13,76±0,02^{c}	13,43±0,02^{b}	12,82±0,00^{a}
AV	0,60±0,01^{c}	0,53±0,01^{b}	0,46±0,00^{a}	0,60±0,01^{c}	0,57±0,01^{c}
pH	3,94±0,01^{c}	3,82±0,03^{b}	3,64±0,01^{a}	3,65±0,00^{a}	3,89±0,00^{c}
AT	5,11±0,08^{b}	5,27±0,06^{b}	5,11±0,05^{b}	5,79±0,01^{c}	4,90±0,02^{a}
Gly	9,8±0,0^{cd}	9,9±0,0^{d}	9,7±0,1^{bc}	9,5±0,0^{b}	9,0±0,1^{a}
IPT	99±1^{e}	77±0^{d}	68±0^{b}	64±1^{a}	73±1^{c}
IC	13,5±0,7^{b}	14,0±0,0b	6,5±0,7^{a}	9,0±1,4^{a}	8,5±0,7^{a}
Az. red.	1,3±0,1^{ab}	2,5±0,0^{c}	1,7±0,3^{ab}	1,8±0,1^{b}	1,2±0,0^{a}
LH	2,1±0,0^{c}	1,7±0,0^{b}	0,9±0,0^{a}	1,4±0,0^{b}	2,4±0,0^{d}
TH_2	2,7±0,0^{b}	3,1±0,0^{c}	3,8±0,0^{e}	3,6±0,0^{d}	2,6±0,0^{a}
Cítrico	130±0^{b}	130±0^{b}	115±7^{a}	140±0^{bc}	150±0^{d}

*Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de vino ($p < 0,05$). Test de Tukey. % vol: grado alcohólico expresado en porcentaje en volumen; AV: acidez volátil expresada en g/L de ácido acético; pH: potencial de hidrógeno; AT: acidez total expresada en g/L de ácido tartárico; Gly: glicerol expresado en g/L; IPT: polifenoles totales expresado en IPT (índice de polifenoles totales); IC: índice de color; Az red.: azúcares reductores expresados en g/L; LH: ácido láctico expresado en g/L de ácido láctico; TH_2: ácido tartárico expresado en g/L de ácido tartárico; Cítrico: ácido cítrico expresado en g/L de ácido cítrico.

En cuanto a la añada 2024 (Tabla 5), las muestras analizadas también presentan diferencias estadísticamente significativas en todos sus parámetros. Los vinos presentan valores más altos en grado alcohólico, llegando hasta un 14,28 % en la muestra PS1-24, siendo este valor el más elevado de ambas añadas (2023 y 2024), lo que podría indicar una madurez fenólica más avanzada, hay diferencias significativas entre las cinco muestras y se observa una tendencia al alza en alcohol en la añada 2024. La acidez volátil muestra diferencias más marcadas que en 2023, con valores entre 0,46 y 0,60 g/L en la añada 2024, y máximos en las muestras PS1-24 y PS4-24. El pH también tiende a valores más altos, alcanzando hasta 3,94, que deberá de ser compensado con una adecuada acidez total, que se mantiene entre 4,90 y 5,79 g/L, en línea con lo recomendado por la OIV (2021), y sin cambios drásticos respecto al año anterior. Paralelamente, destacan también los vinos de esta añada por un contenido en glicerol más elevado, siendo la muestra PS2-24 la de mayor concentración con un valor de 9,9 g/L. El contenido de glicerol está en concordancia con el incremento de grado alcohólico ya que el glicerol es un metabolito secundario de la fermentación alcohólica. De la misma manera, el contenido de ácido láctico es ligeramente superior en esta segunda añada. El ácido tartárico es el único que se encuentra en menor cantidad que en el año 2023. Y en ambas añadas con diferencias estadísticamente significativas entre muestras. Respecto al ácido cítrico, los valores se sitúan entre 115 y 150 mg/L, también más elevados y diversos que en la añada anterior (110–170 mg/L), lo cual refuerza la idea de una mayor heterogeneidad entre muestras en el año 2024. Por último, el índice de polifenoles totales (IPT) y el índice de color (IC), presentan diferencias claras. El IPT es máximo en el vino PS1-24 (99), superando incluso al valor más alto de 2023 (91 en PS2-23), lo que podría traducirse en vinos con mayor cuerpo y astringencia. En cambio, el IC se mantiene más equilibrado entre ambas añadas, aunque PS2-23 sigue destacando como la de mayor intensidad cromática.

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

Realizando un estudio comparativo entre ambas tablas, se puede observar fácilmente que, queda demostrando la influencia de la añada y el trabajo enológico en la composición final del vino. Los vinos de la añada 2024 tienden a tener un grado alcohólico y pH mayor, así como mayor cantidad en ácido láctico y glicerol. Asimismo, se detecta una ligera disminución en el índice de polifenoles totales e índice de color en algunas muestras. Cabe destacar que la desviación típica muestra valores muy pequeños, lo que indica que la homogeneidad entre muestras está asegurada. Parámetros como el grado alcohólico, el pH, la acidez total y el contenido fenólico están estrechamente relacionados con las condiciones del viñedo y la climatología de cada vendimia, siendo elementos clave para caracterizar la calidad del vino (González-Barreiro et al., 2015). Estos resultados coinciden con estudios donde el ANOVA se utiliza para evaluar cómo las variables tecnológicas impactan en la composición final del vino (Belda et al., 2016; Ugliano et al., 2010).

4.2. Análisis de compuestos orgánicos volátiles (VOCs)

Se han identificado 66 VOCs en las muestras de vino de la añada 2023 y 112 VOCs en las muestras de vino de la añada 2024. Se realizó un ANOVA con los compuestos volátiles detectados, encontrando diferencias significativas en los que se muestran a continuación en las Tablas 6 y 7.

***Tabla 6**. VOCs con diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) y códigos empleados. Añada 2023.*

ACETATOS	
AC3	acetato de isoamilo
AC4	acetato de fenetilo
ÁCIDOS	
A4	ácido octanoico
A5	ácido nonanoico
A6	ácido decanoico
ALCOHOLES	
AL4	1-octen-3-ol
AL6	1-nonanol
AL7	metionol
AL8	1-decanol
AL9	alcohol bencílico
AL10	2-fenil etanol
ALCOHOLES C6	
ALC6-1	1-hexanol

ÉSTERES ETÍLICOS	
EE4	hexanoato de etilo
EE6	lactato de etilo
EE11	9-decenoato de etilo
EE12	undecanoato de etilo
EE24	succinato butilico de etilo
EE25	succinato de etil isopentilo
OTROS ÉSTERES	
OE3	lactato de isopentilo
LACTONAS Y FURANONAS	
LF1	gamma-butirolactona
ALDEHÍDOS	
ALD2	3,4-dimetilbenzaldehído

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

Tabla 7. *VOCs con diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) y códigos empleados. Añada 2024*

ACETATOS	
AC1	acetato de etilo
AC2	acetato de isobutilo
AC3	acetato de isoamilo
AC4	acetato de fenetilo
AC5	acetato de hexilo
AC6	acetato de nerolidol
ÁCIDOS	
A2	ácido pentanoico
A4	ácido octanoico
A5	ácido nonanoico
A9	ácido hexanoico
A10	ácido heptanoico
A11	ácido butírico
A12	ácido benzoico
ALCOHOLES	
AL5	1-octanol
AL6	1-nonanol
AL17	1-decanol
AL19	2-feniletanol
AL20	alcohol tetradecílico
AL22	2-nonanol
ALCOHOLES C6	
ALC6-1	1-hexanol
ALC6-2	cis-3-hexenol
ALC6-3	trans-3-hexenol
ÉSTERES ETÍLICOS	
EE5	heptanoato de etilo
EE6	lactato de etilo
EE8	nonanoato de etilo
EE10	decanoato de etilo
EE11	9-decenoato de etilo
EE12	undecanoato de etilo
EE14	tridecanoato de etilo
EE15	Tetradecanoato de etilo
EE25	succinato de isopentiletilo
EE26	crotonato de etilo
EE27	butanodioato de dietilo
EE32	2-hidroxi-4-metilpentanoato de etilo
EE35	3-fenilpropionato de etilo
EE36	Succinato de hidrógeno etílico

OTROS ÉSTERES	
OE2	decanoato de isobutilo
OE9	decanoato de metilo
OE12	decanoato de isoamilo
FENOLES, LACTONAS Y FURANONAS	
F2	2,4-di-terc-butilfenol
LF1	gamma-butirolactona
LF2	lactona cis-whiskey
TERPENOS, NORISOPRENOIDES Y DERIVADOS	
T4	alfa-terpineol
T8	óxido de nerol
T9	alfa-terpineno
T11	linalol
T12	hotrienol
TP1	geraniol
NR1	beta-damascenona
CETONAS	
C6	3,4-dimetil acetofenona
HIDROCARBUROS	
H3	tetradecano
ALDEHÍDOS	
ALD5	4-etilbenzaldehído
COMPUESTOS AZUFRADOS	
CA2	2-metiltetrahidrotiofeno
CA3	benzotiazol

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

- Acetatos

Los acetatos tienen una influencia significativa en el perfil aromático de los vinos, aportando notas afrutadas como el plátano o la manzana. Se forman durante la fermentación alcohólica por acción de las levaduras. Bajas concentraciones de estos compuestos favorecen al vino, pero altas concentraciones pueden causar defectos en él (Ferreira et al., 2000).

En las Tablas 8 y 9 se muestran los acetatos de las añadas 2023 y 2024 respectivamente que han mostrado diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 8. *Concentración (mg/L) de acetatos en los vinos 2023*

ACETATOS	PS1-23	PS2-23	PS3-23	PS4-23	PS5-23
AC3	0,76±0,11^{a}	1,76±0,07^{b}	1,99±0,14^{b}	1,58±0,22^{b}	2,05±0,33^{b}
AC4	0,90±0,00^{b}	0,25±0,00^{a}	0,33±0,02^{a}	0,33±0,04^{a}	0,29±0,04^{a}

AC3: acetato de isoamilo; AC4: acetato de fenetilo

Comparando ambos acetatos significativos en la añada 2023, se observa que el acetato de isoamilo (AC3) es el que se encuentra en una mayor cantidad en todas las muestras, excepto en la muestra PS1-23 en comparación con el acetato de fenetilo (AC4). El AC3 oscila entre valores de 0,76 mg/L en PS1-23 hasta 2,05 mg/L en PS5-23, valores mucho más elevados que en el caso de AC4, con cantidades que varían entre 0,25 mg/L en PS2-23 y 0,90 mg/L en PS1-23. En ambos casos es la muestra PS1-23 la que se diferencia estadísticamente significativa de todas las demás, siendo el AC3 la que presenta valores más bajos y en el AC4 con valores más elevados.

El acetato de isoamilo se caracteriza por aportar a los vinos aromas frutales, concretamente a plátano (Rodríguez & Devora, 2017) y el acetato de fenetilo por sus notas florales a rosa o miel (Belda et al., 2016). Ambos vinos en concentraciones adecuadas aportarán aromas que van a favorecer al vino.

Tabla 9. *Concentración (mg/L) de acetatos en los vinos 2024*

ACETATOS	PS1-24	PS2-24	PS3-24	PS4-24	PS5-24
AC1	9,97±0,81^{b}	5,93±0,53^{a}	5,08±0,41^{a}	5,37±0,07^{a}	5,10±0,03^{a}
AC2	0,12±0,01^{c}	0,11±0,00^{bc}	0,04±0,01^{a}	0,08±0,02^{ab}	0,06±0,00^{a}
AC3	5,23±0,17^{b}	4,12±0,01^{b}	1,03±0,07^{a}	2,85±1,4^{ab}	3,98±0,00^{b}
AC4	0,26±0,04^{b}	0,30±0,03^{b}	0,12±0,02^{a}	0,22±0,01^{b}	0,25±0,00^{b}
AC5	0,20±0,03^{b}	0,29±0,01^{c}	0,10±0,00^{a}	0,20±0,00^{b}	0,17±0,02^{ab}
AC6	0,02±0,00^{bc}	0,02±0,00^{c}	0,01±0,00^{a}	0,02±0,00^{b}	0,01±0,00^{a}

AC1: Acetato de etilo; AC2: acetato de isobutilo; AC3: acetato de isoamilo; AC4: acetato de fenetilo; AC5: acetato de hexilo; AC6: acetato de nerolidol

En la añada 2024 hay más número de acetatos detectados, el acetato de isoamilo (AC3) se encuentra en mucha mayor cantidad que el año anterior, llegando a alcanzar valores de 5,23 en PS1-24. Los valores de acetato de fenetilo (AC4) son más bajos que en el año anterior pero similares en cuanto a homogeneidad en todas las muestras, igual que ocurría en el caso anterior. Cabe destacar el acetato de etilo (AC1), que en la muestra PS1-24 alcanza los 9,97 mg/L. El resto de compuestos están presentes en muy baja cantidad.

En la producción de acetato de etilo en los procesos biológicos intervienen dos tipos de enzimas, el alcohol acetil transferasas y las lipasas, dependiendo de la ruta de síntesis llevada a cabo (Park et al., 2009). Es un compuesto que podría considerarse negativo

en altas concentraciones dado que aporta aromas químicos que recuerdan a pegamento o quitaesmalte (Szczurek & Maclejewska, 2005). En concentraciones moderadas recuerda a aromas frutales como manzana verde, plátano, piña entre otros (Ayestarán et al., 2019).

- Ácidos

Los ácidos presentes en el vino interaccionan con otros compuestos como son los alcoholes y los ésteres afectando tanto a la intensidad como a la calidad de sus aromas. Estas interacciones son clave para la formación de compuestos volátiles en el vino, que pueden ser beneficiosos o perjudiciales según su naturaleza y concentración (Liu et al., 2016).

Los vinos que presentan niveles entre los vinos estadísticamente significativos en las añadas 2023 y 2024 se muestran en las Tablas 10 y 11, respectivamente.

Tabla 10. *Concentración (mg/L) de ácidos en los vinos 2023*

ÁCIDOS	PS1-23	PS2-23	PS3-23	PS4-23	PS5-23
A4	5,09±0,32^{c}	2,90±0,14^{ab}	4,14±0,19^{bc}	4,10±0,57^{bc}	2,49±0,40^{a}
A5	0,09±0,01^{b}	0,00±0,00^{a}	0,09±0,03^{b}	0,10±0,03^{b}	0,10±0,01^{b}
A6	1,00±0,08^{ab}	0,89±0,05^{a}	1,19±0,14^{ab}	1,39±0,07^{b}	0,83±0,19^{a}

A4: ácido octanoico; A5: ácido nonanoico; A6: ácido decanoico

De los ácidos con diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, es el ácido octanoico (A4) el que se encuentra en mayor concentración en los vinos de la añada 2023, con valores de hasta 5,09 mg/L en la muestra PS1-23. El ácido nonanoico (A5) presenta concentraciones ínfimas incluso en muestras como PS2-23 no está presente. Y el ácido decanoico (A6) presenta valores bajos, similares en todas las muestras, pero con diferencias estadísticamente significativas entre ellas.

El ácido decanoico es un indicador aromático de que la fermentación no se ha llevado a cabo correctamente, pudiendo haber sufrido paradas fermentativas, posiblemente por la fermentación espontánea de los vinos. En vinos de calidad, se considera que este límite se encuentra en 5 mg/L (Csutoras et al., 2022), muy por encima de los valores encontrados en los vinos de este estudio. El ácido octanoico o caprílico está asociado con descriptores aromáticos como rancio y graso, y evoca olores a queso especialmente a concentraciones elevadas, donde puede resultar desagradable (González-Barreiro et al., 2015).

Tabla 11. *Concentración (mg/L) de ácidos en los vinos 2024*

ÁCIDOS	PS1-24	PS2-24	PS3-24	PS4-24	PS5-24
A2	0,06±0,02^{b}	0,01±0,01^{a}	0,01±0,00^{a}	0,01±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}
A4	1,47±0,28^{ab}	1,58±0,02^{ab}	1,85±0,04^{b}	1,84±0,05^{b}	1,14±0,09^{a}
A5	0,09±0,01^{b}	0,04±0,00^{a}	0,04±0,00^{a}	0,04±0,00^{a}	0,03±0,00^{a}
A9	0,74±0,05^{a}	0,92±0,09^{ab}	1,80±0,16^{c}	2,55±0,28^{d}	1,45±0,09^{bc}
A10	0,04±0,01^{b}	0,01±0,00^{a}	0,01±0,00^{a}	0,01±0,00^{a}	0,01±0,00^{a}
A11	0,10±0,02^{b}	0,04±0,02^{a}	0,04±0,01^{ab}	0,05±0,00^{ab}	0,04±0,02^{a}
A12	0,26±0,05^{b}	0,07±0,00^{a}	0,04±0,01^{a}	0,04±0,00^{a}	0,03±0,01^{a}

A2: ácido pentanoico; A4: ácido octanoico; A5: ácido nonanoico; A9: ácido hexanoico; A10: ácido heptanoico; A11: ácido butírico; A12: ácido benzoico

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

A pesar de que se han encontrado mucha más variedad de ácidos en el año 2024, la concentración de todos ellos es menor, e incluso insignificante en muchos de ellos. El ácido octanoico (A4) es, al igual que en la añada 2023, el encontrado en más concentración, con valores considerablemente más bajos que en la añada anterior, llegando hasta 1,85 mg/L en la muestra PS3-2024. Como ya se ha mencionado anteriormente, a concentraciones elevadas este ácido no es favorable para las características organolépticas de un vino de calidad.

- Alcoholes

Los alcoholes influyen tanto en la complejidad aromática de los vinos como en su percepción. Aunque en concentraciones elevadas pueden enmascarar otros compuestos aromáticos, en niveles adecuados aportan notas florales y afrutadas. (Ayestarán et al., 2019).

Los alcoholes que presentan niveles entre los vinos estadísticamente significativos en las añadas 2023 y 2024 se muestran en las Tablas 12 y 13, respectivamente.

Tabla 12. *Concentración (mg/L) de alcoholes en los vinos 2023*

ALCOHOLES	PS1-23	PS2-23	PS3-23	PS4-23	PS5-23
AL4	0,14±0,00^{a}	0,00±0,00^{b}	0,00±0,00^{b}	0,00±0,00^{b}	0,00±0,00^{b}
AL6	0,10±0,01^{b}	0,10±0,01^{b}	0,08±0,01^{b}	0,13±0,03^{b}	0,00±0,00^{a}
AL7	0,13±0,01^{ab}	0,12±0,01^{ab}	0,09±0,02^{a}	0,17±0,00^{b}	0,15±0,04^{ab}
AL8	0,10±0,01^{b}	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}
AL9	0,21 ±0,01^{b}	0,00±0,00^{a}	0,05±0,06^{a}	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}
AL10	7,79±0,65^{a}	11,09±0,61^{ab}	12,88±0,67^{ab}	16,09±2,67^{b}	13,70±3,23^{ab}

AL4: 1-octen-3-ol; AL6: 1-nonanol; AL7: metionol; AL8: 1-decanol; AL9: alcohol bencílico; AL10: 2-fenil etanol

Los alcoholes de la añada 2023 presentan concentraciones muy bajas, sin llegar en ningún caso a 0,2 mg/L excepto el 2-fenil-etanol (AL10), que presenta altas concentraciones en todas las muestras de vino, desde valores de 7,79 mg/L en la muestra PS1-23 hasta los 16,09 mg/L en la PS4-23.

El 2-feniletanol es particularmente reconocido por su característico olor a rosa, aunque puede también recordar a miel o a notas florales. Este compuesto se origina por el metabolismo de aminoácidos en la fermentación alcohólica llevado a cabo por levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* (Belda et al., 2016).

Tabla 13. *Concentración (mg/L) de alcoholes en los vinos 2024*

ALCOHOLES	PS1-24	PS2-24	PS3-24	PS4-24	PS5-24
AL5	0,17±0,00^{a}	0,15±0,01^{a}	0,35±0,00^{c}	0,25±0,01^{b}	0,17±0,01^{a}
AL6	0,04±0,00^{ab}	0,04±0,01^{ab}	0,13±0,00^{c}	0,06±0,01^{b}	0,03±0,01^{a}
AL17	0,00±0,00^{a}	0,02±0,03^{ab}	0,07±0,01^{b}	0,05±0,00^{ab}	0,04±0,00^{ab}
AL19	0,03±0,00^{a}	0,03±0,01^{a}	0,06±0,00^{b}	0,05±0,00^{b}	0,05±0,00^{b}
AL10	8,28±0,14^{bc}	8,83±0,48^{c}	5,80±0,22^{a}	7,40±0,46^{b}	8,43±0,26^{bc}
AL22	0,25±0,00^{b}	0,11±0,01^{a}	0,06±0,02^{a}	0,06±0,01^{a}	0,10±0,04^{a}

AL5: 1-octanol; AL6: 1-nonanol; AL17: 1-decanol; AL19: alcohol bencílico; AL10: 2-feniletanol; AL22: 2-etilhexanol

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

En relación con lo que ocurría en la añada 2023, en la añada 2024 con respecto a los alcoholes, se han detectado alcoholes diferentes, pero en muy bajas concentraciones. El único presente en gran cantidad es el 2-feniletanol (AL10) como en la añada 2023, con valores más bajos que en el caso anterior, desde 5,80 mg/L en el vino PS3-24 hasta 8,83 mg/L en el PS2-24.

- Alcoholes C6

Pertenecientes al grupo de los alcoholes se encuentran los alcoholes C6, con seis átomos de carbono, que tienen un impacto notable en el perfil aromático del vino. En concentraciones moderadas, aportan notas herbáceas y frescas, pero en si la concentración de estos compuestos es excesiva, puede reducir la calidad sensorial global (Oliveira et al., 2006).

Los alcoholes C6 que presentan niveles estadísticamente significativos entre los vinos en las añadas 2023 y 2024 se muestran en las Tablas 14 y 15, respectivamente.

Tabla 14. *Concentración (mg/L) de alcoholes C6 en los vinos 2023*

ALCOHOLES C6	PS1-23	PS2-23	PS3-23	PS4-23	PS5-23
ALC6-1	1,42±0,01^{c}	1,20±0,00^{b}	0,96±0,04^{a}	1,17±0,03^{b}	1,08±0,06^{ab}

ALC6-1: 1-hexanol

El alcohol C6 en el que se han obtenido valores significativos es el ALC6-1 que corresponde al 1-hexanol y se encuentra en todas las muestras en torno a valores de 1mg/L. Se caracteriza por aportar al vino aromas y sabores verdes grasos (Bakker & Clarke, 2012). Es la muestra PS3-23 la única con valores inferiores a 1 mg/L, con un valor de 0,96 mg/L, y el vino con mayor proporción de este compuesto fue el PS1-23 con un valor de 1,42 mg/L.

Tabla 15. *Concentración (mg/L) de alcoholes C6 en los vinos 2024*

ALCOHOLES C6	PS1-24	PS2-24	PS3-24	PS4-24	PS5-24
ALC6-1	1,41±0,08^{ab}	1,87±0,03^{c}	1,62±0,11^{bc}	1,49±0,07^{ab}	1,24±0,02^{a}
ALC6-2	0,12±0,01^{b}	0,13±0,00^{b}	0,06±0,00^{a}	0,07±0,00^{a}	0,12±0,02^{b}
ALC6-3	0,00±0,00^{a}	0,02±0,00^{b}	0,01±0,00^{b}	0,02±0,00^{b}	0,01±0,00^{b}

ALC6-1: 1-hexanol; ALC6-2: cis-3-hexenol; ALCC6-3: trans-3-hexenol

En la añada 2024 se han detectado tres compuestos con resultados significativos, el cis-3-hexenol (AL C6-2) y el trans-3-hexenol (ALC6-3) en concentraciones muy bajas, y es el 1-hexanol (ALC6-1), como ocurría en la añada anterior el único que presenta más relevancia en cuanto a concentración. Este compuesto alcanza valores desde 1,24 mg/L en la muestra PS5-24 hasta los 1,87 mg/L de la muestra de vino PS2-24 que representa el contenido más alto de las cinco muestras estudiadas.

- Ésteres etílicos

Dentro de los compuestos volátiles del vino se encuentran los ésteres etílicos, que favorecen especialmente el aroma afrutado en vinos jóvenes. Se forman principalmente durante la fermentación alcohólica por la acción de las levaduras, a partir de la reacción entre ácidos orgánicos y etanol (Belda et al., 2016).

Los ésteres etílicos en los que se han encontrado diferencias significativas entre las muestras de vino para las añadas 2023 y 2024 se recogen en las Tablas 16 y 17 respectivamente.

Tabla 16. *Concentración (mg/L) de ésteres etílicos en los vinos 2023*

ÉSTERES ETÍLICOS	PS1-23	PS2-23	PS3-23	PS4-23	PS5-23
EE4	10,66±0,79^{b}	6,29±0,11^{a}	7,83±0,22^{a}	6,80±0,15^{a}	7,08±0,47^{a}
EE11	0,23±0,00^{a}	0,99±0,00^{ab}	1,43±0,10^{b}	0,95±0,12^{ab}	1,49±0,47^{b}
EE12	0,18±0,07^{b}	0,13±0,01^{ab}	0,00±0,00^{a}	0,19±0,07^{b}	0,14±0,01^{ab}
EE24	0,07±0,00^{a}	0,15±0,00^{b}	0,18±0,01^{b}	0,14±0,02^{b}	0,15±0,01^{b}
EE25	0,34±0,01^{a}	0,50±0,03^{b}	0,63±0,03^{b}	0,62±0,09^{b}	0,52±0,04^{b}

EE4: hexanoato de etilo; EE11: 9-decenoato de etilo; EE12: undecanoato de etilo; EE24: succinato butilico de etilo; EE25: succinato de etil isopentilo

De todos los ésteres encontrados en los vinos del año 2023, el que más relevancia presenta de acuerdo con su concentración es el hexanoato de etilo (EE4) con concentraciones mínimas de 6,29 mg/L en la muestra PS2-23 y máximas en la PS1-23 llegando a alcanzar los 10,66 mg/L. A pesar de sus altas concentraciones, en comparación con los otros ésteres detectados, tiene un umbral de detección relativamente bajo, perceptible incluso a concentraciones pequeñas. Este éster es uno de los mayores presentes en el vino que posee aromas frutales (Bakker & Clarke, 2012).

Tabla 17. *Concentración (mg/L) de ésteres etílicos en los vinos 2024*

ÉSTERES ETÍLICOS	PS1-24	PS2-24	PS3-24	PS4-24	PS5-24
EE4	7,83±0,30^{ab}	7,56±0,44^{ab}	9,18±0,60^{b}	7,98±0,51^{ab}	6,72±0,39^{a}
EE5	0,05±0,01^{a}	0,06±0,01^{a}	0,11±0,01^{b}	0,07±0,00^{a}	0,07±0,00^{a}
EE6	1,28±0,14^{c}	1,00±0,02^{ab}	0,85±0,03^{a}	1,22±0,06^{bc}	0,84±0,01^{a}
EE8	0,07±0,10^{a}	0,14±0,03^{ab}	0,24±0,05^{ab}	0,27±0,05^{ab}	0,32±0,01^{b}
EE10	8,20±2,80^{a}	20,83±2,26^{ab}	17,89±0,22^{bc}	22,23±1,74^{c}	12,12±0,91^{ab}
EE11	0,38±0,07^{ab}	0,33±0,05^{a}	0,48±0,02^{b}	0,69±0,00^{c}	0,93±0,02^{d}
EE12	0,00±0,00^{a}	0,03±0,01^{b}	0,05±0,01^{bc}	0,09±0,01^{d}	0,08±0,00^{cd}
EE14	0,03±0,00^{b}	0,02±0,00^{a}	0,04±0,00^{c}	0,04±0,00^{d}	0,05±0,00^{e}
EE15	0,03±0,02^{a}	0,04±0,01^{a}	0,06±0,01^{ab}	0,10±0,01^{b}	0,09±0,00^{b}
EE25	0,29±0,03^{c}	0,14±0,00^{a}	0,19±0,01^{b}	0,29±0,00^{c}	0,44±0,01^{d}
EE26	0,01±0,02^{a}	0,04±0,00^{abc}	0,06±0,01^{bc}	0,06±0,00^{c}	0,02±0,00^{ab}
EE27	1,15±0,51^{b}	0,47±0,00^{ab}	0,38±0,05^{ab}	0,37±0,07^{ab}	0,19±0,06^{a}
EE32	0,17±0,09^{b}	0,15±0,02^{ab}	0,00±0,00^{a}	0,35±0,03^{c}	0,11±0,00^{ab}
EE35	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{ab}	0,00±0,00^{ab}	0,01±0,00^{b}	0,00±0,00^{a}
EE36	1,15±0,51^{b}	0,47±0,00^{ab}	0,38±0,05^{ab}	0,37±0,07^{ab}	0,19±0,06^{a}

EE4: hexanoato de etilo; EE5: heptanoato de etilo; EE6: lactato de etilo; EE8: nonanoato de etilo; EE10: decanoato de etilo; EE11: 9-decenoato de etilo; EE12: undecanoato de etilo; EE14: tridecanoato de etilo; EE15: Tetradecanoato de etilo; EE25: succinato de etil isopentilo; EE26: crotonato de etilo; EE27: butanodioato de dietilo; EE32: 2-hidroxi-4-metilpentanoato de etilo; EE35: 3-fenilpropionato de etilo; EE36: 3-fenilpropionato de etilo

Dentro de los ésteres etílicos detectados en la añada 2024, destacan dos de ellos. Por un lado, el hexanoato de etilo (EE4), al igual que ocurría en el año 2023, con valores similares en ambas vendimias. Por otro lado, cabe destacar el decanoato de etilo (EE10), que presenta concentraciones elevadas, desde valores de 8,20 mg/L en la muestra PS1-24 hasta concentraciones de 22,23 mg/L en el vino PS4-24. Este éster, de forma similar que el hexanoato de etilo, evoca en el vino a aromas frutales y florales, y su presencia indica complejidad aromática en los vinos (Styger et al., 2011).

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

- Otros ésteres

A parte de los ésteres etílicos, en el vino se pueden encontrar otros ésteres que contribuyen significativamente al perfil aromático con notas florales, dulces o a frutas maduras. Aunque su impacto olfativo suele ser positivo, una concentración excesiva puede producir olores no favorecedores para el vino (Swiegers et al., 2005).

En las Tablas 18 y 19 mostradas a continuación, se incluyen otros ésteres encontrados en los vinos de las añadas 2023 y 2024 que presentan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 18. *Concentración (mg/L) de otros ésteres en los vinos 2023*

OTROS ÉSTERES	PS1-23	PS2-23	PS3-23	PS4-23	PS5-23
OE3	0,00±0,00^{a}	0,09±0,01^{b}	0,08±0,01^{b}	0,07±0,03^{b}	0,10±0,00^{b}

OE3: lactato de isopentilo

En el grupo de ésteres no etílicos se encuentra en el año 2023 al lactato de isopentilo (OE3) en concentraciones muy bajas que alcanza su máximo en la muestra PS5-23 con un valor de 0,1mg/L. Su perfil aromático recuerda a aromas frutales o incluso de fruto seco como la nuez, pero su impacto en el perfil aromático de los vinos es menos relevante que el de otros ésteres (Jackson et al., 2014).

Tabla 19. *Concentración (mg/L) de otros ésteres en los vinos 2024*

OTROS ÉSTERES	PS1-24	PS2-24	PS3-24	PS4-24	PS5-24
OE2	0,00±0,00^{a}	0,01±0,01^{a}	0,02±0,00^{ab}	0,03±0,01^{b}	0,01±0,00^{ab}
OE9	0,06±0,01^{b}	0,03±0,00^{a}	0,05±0,00^{b}	0,05±0,00^{b}	0,02±0,00^{a}
OE12	0,03±0,00^{a}	0,03±0,00^{a}	0,08±0,00^{b}	0,12±0,01^{c}	0,06±0,01^{b}

OE2: decanoato de isobutilo; OE9: decanoato de metilo; OE12: decanoato de isoamilo

Los ésteres no etílicos encontrados en la añada 2024 con diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, son el decanoato de isobutilo (OE2), decanoato de metilo (OE9) y decanoato de isoamilo (OE12), todos ellos en concentraciones muy bajas, donde rondan los valores de 1 mg/L o inferior. El decanoato de isobutilo se asocia con aromas dulces y frutales como el albaricoque, al igual que el decanoato de isoamilo con notas florales y frutales y el decanoato de metilo (Styger et al., 2011).

- Fenoles, lactonas y furanonas

Los fenoles, lactonas y furanonas son compuestos aromáticos que tienen gran relevancia en la complejidad olfativa de los vinos. Los tres están relacionados con aromas de envejecimiento del vino. Estos compuestos, aunque diferentes en origen y estructura, contribuyen en conjunto a la complejidad aromática del vino (Styger et al., 2011).

En las Tablas 20 y 21 se muestran los fenoles, lactonas y furanonas de las añadas 2023 y 2024 respectivamente que han mostrado diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 20. *Concentración (mg/L) de Fenoles, lactonas y furanonas en los vinos 2023*

FENOLES, LACTONAS, FURANONAS	PS1-23	PS2-23	PS3-23	PS4-23	PS5-23
LF1	0,32±0,01^{b}	0,25±0,01^{ab}	0,26±0,05^{ab}	0,20±0,01^{ab}	0,17±0,06^{a}

LF1: gamma-butirolactona

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

En el grupo de fenoles, lactonas y furanonas, se encuentra una lactona, la gamma-butirolactona (LF1) en la añada 2023, con valores entre 0,17 mg/L para el vino PS5-23 y 0,32 mg/L en la muestra PS1-23. Este compuesto es producto del metabolismo de ácidos grasos y su concentración en el vino puede variar. Sus notas aromáticas recuerdan al coco, caramelo, frutal, y también puede presentar matices grasos o aceitosos dependiendo de su concentración (Jackson et al., 2014).

Tabla 21. *Concentración (mg/L) de fenoles, lactonas y furanonas en los vinos 2024*

FENOLES, LACTONAS, FURANONAS	PS1-2024	PS2-2024	PS3-2024	PS4-2024	PS5-2024
F2	0,07±0,01^{c}	0,07±0,00^{c}	0,03±0,00^{a}	0,05±0,01^{b}	0,04±0,00^{ab}
LF1	0,40±0,07^{b}	0,20±0,01^{a}	0,12±0,01^{a}	0,15±0,04^{a}	0,14±0,01^{a}
LF2	0,06±0,00^{c}	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}	0,02±0,00^{b}

F2: 2,4-di-terc-butilfenol; LF1: gamma-butirolactona; LF2: lactona cis-whiskey

En la añada 2024, destacan a parte de la gamma-butirolactona (LF1), un fenol que es el 2,4-di-terc-butilfenol (F2) y otra lactona que es la lactona cis-whiskey (LF2). Ambos compuestos en muy bajas concentraciones, la lactona cis-whiskey es incluso imperceptible en las muestras PS2-24, PS3-24 y PS4-24. Los fenoles en el vino actúan como antioxidante, sus aromas están relacionados con la madera y la crianza (Casassa et al., 2014). La otra lactona identificada, la lactona cis-whiskey es un compuesto volátil muy presente en las maderas tostadas de las barricas, las cuales proporcionan aromas a coco, vainillas o tostados (Setzer, 2016). Esta lactona tiene un isómero trans, que no ha sido detectado, pero ambos presentan notas aromáticas diferentes en los vinos. El isómero trans aporta aromas especiados y de madera, mientras que el isómero cis proporciona aromas a coco, tanto coco dulce como coco verde (Bakker & Clarke, 2012).

- Aldehídos

Los aldehídos son compuestos volátiles que tienen un impacto notable en el aroma del vino. Evocan notas verdes, leñosas e incluso a frutos secos. En concentraciones controladas, los aldehídos pueden enriquecer la complejidad aromática, pero en exceso suelen percibirse como defectos sensoriales (Styger et al., 2011).

En la Tabla 22 mostrada a continuación se recogen los datos de las muestras de vino con diferencias estadísticamente significativas en el grupo de los aldehídos de la añada 2023, ya que no se encontraron aldehídos con diferencias estadísticamente significativas en la añada 2024.

Tabla 22. *Concentración (mg/L) de hidrocarburos en los vinos 2023*

ALDEHÍDOS	PS1-23	PS2-23	PS3-23	PS4-23	PS5-23
ALD2	0,12±0,03^{b}	0,00±0,00^{a}	0,09±0,01^{b}	0,10±0,01^{b}	0,00±0,00^{a}

ALD2: 3,4-dimetilbenzaldehído

En el grupo de compuestos aldehídos, solo se han encontrado en la añada 2023, y el único compuesto con resultados significativos ha sido el 3,4-dimetilbenzaldehído (ALD2), no detectable en las muestras PS2-23 y PS5-23, y que encuentra su máximo en la muestra PS1-23 con 0,12 mg/L. Dentro del grupo de los benzaldehídos, aporta notas a aromas verdes o leñosos, así como notas amiláceas o a frutos secos (Bakker & Clarke, 2012).

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

- Terpenos, norisoprenoides y derivados

Los terpenos y norisoprenoides son compuestos aromáticos responsables en gran parte de los aromas de las uvas y el vino. Los terpenos están asociados a notas florales, cítricas o especiadas, se encuentran en la piel de la uva, activándose durante la fermentación y por procesos enzimáticos. Los norisoprenoides aportan al vino aromas más complejos como el de frutas maduras, tabaco o balsámicos (González-Barreiro et al., 2015).

En la Tabla 23, se recogen los datos de las muestras de vino con diferencias estadísticamente significativas de la añada 2024, ya que no se encontraron terpenos, norisoprenoides y derivados con diferencias estadísticamente significativas en la añada 2023.

Tabla 23. *Concentración (mg/L) de terpenos, norisoprenoides y derivados en los vinos 2024*

TERPENOS, NORISOPRENOIDES, DERIVADOS	PS1-24	PS2-24	PS3-24	PS4-24	PS5-24
T4	0,00±0,00^{a}	0,01±0,00^{b}	0,03±0,00^{c}	0,02±0,00^{c}	0,00±0,00^{ab}
T8	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}	0,02±0,00^{b}	0,01±0,00^{b}	0,00±0,00^{a}
T9	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}	0,05±0,00^{b}	0,04±0,02^{ab}	0,01±0,00^{ab}
T11	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}	0,38±0,08^{b}	0,01±0,01^{a}	0,00±0,00^{a}
T12	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}	0,01±0,00^{b}	0,01±0,00^{b}	0,00±0,00^{a}
TP1	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{ab}	0,01±0,00^{ab}	0,01±0,00^{b}	0,00±0,00^{a}
NR1	0,34±0,02^{b}	0,20±0,05^{a}	0,10±0,01^{a}	0,11±0,05^{a}	0,15±0,01^{a}

T4: alfa-terpineol; T8: óxido de nerol; T9: alfa-terpineno; T11: linalol; T12: hotrienol; TP1: geraniol; NR1: beta-damascenona

En relación con los terpenos norisoprenoides y derivados, identificados en las muestras de la añada 2024, el único cuya presencia tiene cierta relevancia en cuanto a concentración es el norisoprenoide beta-damascenona (NR1) con concentraciones mínimas de 0,10 mg/L en la muestra PS3-24 y máximas en la PS1-24 con valores de 0,34 mg/L. Este compuesto a pesar de sus bajas concentraciones presenta un umbral de percepción muy bajo. Los aromas asociados con este compuesto incluyen algunos como miel, frutal, floral o caramelo. Se forma por carotenoides presentes en la uva y su liberación y concentración pueden verse afectadas por las prácticas vitícolas (Li & Duan, 2019).

- Cetonas

Las cetonas, aun encontradas en concentraciones relativamente bajas en el vino, influyen de forma significativa en su perfil aromático, a causa de su bajo umbral de detección. Algunas cetonas evocan aromas florales y otras en cambio recuerdan a frutas maduras o especias. Aunque su concentración es menor que el de otros grupos químicos, su papel es de gran relevancia en el perfil aromático del vino (González-Barreiro et al., 2015).

Las muestras de vino que contienen cetonas con diferencias estadísticamente significativas se recogen a continuación en las Tablas 24 y 25.

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

Tabla 24. *Concentración (mg/L) de cetonas en los vinos 2023*

CETONAS	PS1-23	PS2-23	PS3-23	PS4-23	PS5-23
C2	0,00±0,00^{a}	0,18±0,01^{b}	0,10±0,00^{b}	0,14±0,06^{b}	0,00±0,00^{a}

C2: acetoína

Analizando las muestras de la añada 2023 que reflejan presencia de cetonas con diferencias estadísticamente significativas se encontró únicamente la acetoína (C2), con valores muy bajos que no alcanzan 0,2 mg/L en ninguna de las muestras. Este compuesto aporta aromas cremosos y a mantequilla, favoreciendo así a la complejidad aromática del vino (Styger et al., 2011).

Tabla 24. *Concentración (mg/L) de cetonas en los vinos 2024*

CETONAS	PS1-24	PS2-24	PS3-24	PS4-24	PS5-24
C6	0,05±0,00^{b}	0,04±0,00^{ab}	0,02±0,01^{ab}	0,03±0,01^{ab}	0,01±0,01^{a}

C6: 3,4-dimetil acetofenona

El compuesto presente en estos vinos de la añada 2024 es el 3,4-dimetil acetofenona (C6), el grupo de las acetofenonas aporta al fino aromas florales y dulces, en muy baja concentración, valores mínimos para el vino PS5-24 con 0,01 mg/L y valores máximos en el PS1-24 con 0,05 mg/L. La concentración de esta acetofenona y su interacción con el resto de componentes químicos del vino determinará su relevancia en el perfil aromático final del vino (Lyu et al., 2019).

- Hidrocarburos

Los hidrocarburos no suelen tener mucha presencia en los vinos, pero tienen un papel importante en el perfil aromático de estos. Estos compuestos derivan del metabolismo de carotenoides durante la maduración de la uva o a lo largo de la crianza, y su percepción está muy influida por la temperatura, el pH y la evolución del vino en botella. Cuando sus concentraciones son excesivas, pueden ser considerados defectos sensoriales (González-Barreiro et al., 2015).

Las muestras de vino que contienen hidrocarburos con diferencias estadísticamente significativas se recogen a continuación en la Tabla 25.

Tabla 25. *Concentración (mg/L) de hidrocarburos en los vinos 2024*

HIDROCARBUROS	PS1-24	PS2-24	PS3-24	PS4-24	PS5-24
H3	0,05±0,01^{b}	0,02±0,03^{ab}	0,00±0,00^{a}	0,01±0,01^{ab}	0,00±0,00^{a}

H3: tetradecano

Dentro de los hidrocarburos, el único con resultados significativos que fue detectado únicamente en la añada 2024 fue el tetradecano (H3). En concentraciones muy bajas, donde solo fue detectable en las muestras PS1-24, PS2-24 y PS4-24 a concentraciones de 0,05 mg/L, 0,02 mg/L y 0,01 mg/L, respectivamente. Este compuesto se considera prácticamente inodoro y se relaciona más con la complejidad química del vino en cuanto a compuestos que con aromas característicos (Blanco-Huerta et al., 2023).

- Compuestos azufrados

Los compuestos azufrados aportan diferentes aromas y olores al vino en función de la concentración en la que se encuentren. Estos compuestos pueden originarse durante la fermentación alcohólica o maloláctica, o bien como resultado de reacciones químicas en la crianza o conservación. El equilibrio entre estos compuestos y el resto de

compuestos presentes en el vino es clave para evitar defectos aromáticos en el vino (Belda et al., 2016).

En la Tabla 26 mostrada a continuación, se incluyen los compuestos encontrados en los vinos de la añada 2024 que presentan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 26. *Concentración (mg/L) de compuestos azufrados en los vinos 2024*

COMPUESTOS AZUFRADOS	PS1-24	PS2-24	PS3-24	PS4-24	PS5-24
CA2	0,08±0,01^{c}	0,04±0,01^{b}	0,03±0,00^{ab}	0,00±0,01^{a}	0,00±0,00^{a}
CA3	0,02±0,00^{b}	0,01±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}	0,00±0,00^{a}

CA2: 2-metiltetrahidrotiofeno; CA3: benzotiazol

Los compuestos azufrados, al igual que los hidrocarburos y las cetonas, solo se han localizado en la añada 2024. Estos dos compuestos presentan una concentración muy baja, sin llegar a valores de 0,1 mg/L en ninguno de los dos compuestos ni en ninguna de las cinco muestras analizadas. El 2-metiltetrahidrotiofeno (CA2) es un compuesto azufrado clasificado dentro del grupo de los tioles cíclicos, conocido por su baja percepción umbral y su fuerte impacto sensorial. Este compuesto ha sido asociado con descriptores negativos como olores a reducción o compuestos de azufre pesados, que pueden aparecer en vinos con problemas durante la fermentación o conservación. Incluso a concentraciones muy bajas puede afectar negativamente el perfil aromático del vino (Ribéreau-Gayon et al., 2000). Por otro lado, aunque los compuestos azufrados se asocian con aromas desagradables como son la reducción o el azufre, el benzotiazol (CA3) a ciertas concentraciones puede evocar aromas de fruto seco, especiado, humedad o terroso, dependiendo de la interacción con otros compuestos volátiles del vino (Jackson, 2014).

Caracterización de los vinos en función de los compuestos aromáticos

Para sintetizar y analizar de una forma más visual la información expuesta anteriormente, se muestran los diferentes VOCs junto con las diferentes muestras de vino en un análisis de componentes principales (PCA). El primero (Figura 1) perteneciente a la añada 2023 y el segundo (Figura 2) perteneciente a la añada 2024. El componente principal 1 (CP1) de la Figura 1 explica el 58,810 % y el componente principal 2 (CP2) explica el 15,503 %. Por otro lado, el componente principal 1 (CP1) de la Figura 2 explica el 55,950 % y el componente principal 2 (CP2) explica el 21,461 %.

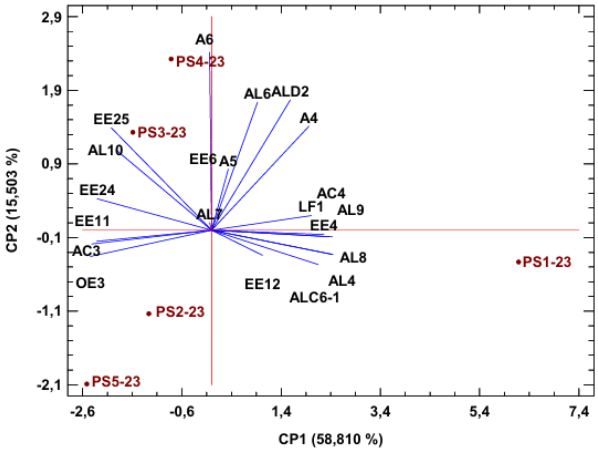

Figura 1. *Análisis de Componentes Principales (PCA) de las 5 muestras de vino añada 2023*

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

Observando la posición que toman los vinos de la añada 2023 analizando su PCA (Figura 1), se determina la semejanza de las muestras PS3-23 y PS4-23, pertenecientes al mismo cuadrante, así como PS2-23 y PS5-23. La muestra PS1-23 no se caracteriza especialmente con ningún compuesto químico, pero están presentes alcoholes como son el 1-decanol (AL8), 1-octen-3-ol (AL4) y el 1-hexanol (ALC6-1). Por otro lado, en el cuadrante del PS2-23 y PS5-23 se encuentran los compuestos acetato de isoamilo (AC3) y lactato de isopentilo (OE3) más relacionados con la muestra de vino PS2-23. En el cuadrante de los vinos PS3-23 y PS4-23, predominan los compuestos ésteres etílicos, como son el succinato de etil isopentilo (EE25) relacionado con el PS3-23 y el lactato de etilo (EE6) que guarda estrecha relación con la muestra PS4-23, lo mismo ocurre con el ácido decanoico (A6).

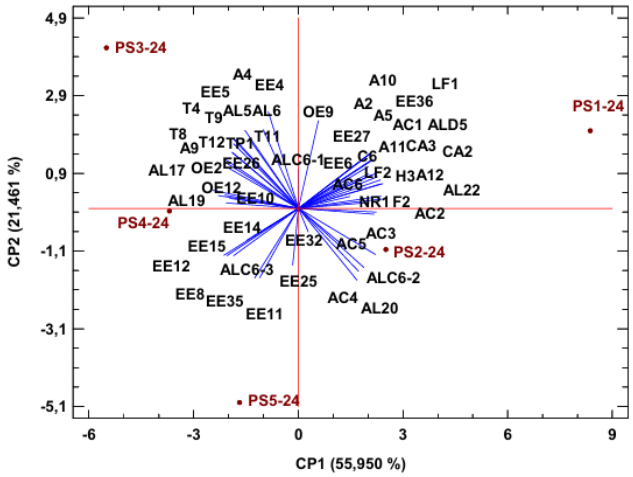

Figura 2. *Análisis de Componentes Principales (PCA) de las 5 muestras de vino añada 2024*

En la Figura 2, correspondiente a la añada 2024, se observa que las muestras de vino analizadas se encuentran repartidas por toda la gráfica. La muestra PS1-24 se encuentra caracterizada por gran cantidad de compuestos químicos y no presenta semejanza con ninguna otra muestra, en relación con ella destacan ésteres etílicos como el succinato de hidrógeno etílico (EE36), el butanodioato de dietilo (EE27) o el lactato de etilo (EE6), así como ácidos como el ácido heptanoico (A10), ácido pentanoico (A2) y ácido nonanoico (A5). El vino PS3-24 también se encuentra alejado gráficamente del resto y destaca por la gran cantidad de aldehídos de su cuadrante como son el 1-hexanol (ALC6-1), 1-octanol (AL5), 1-nonanol (AL6), 1-decanol (AL17) y el 2-feniletanol (AL19), así como gran cantidad de ésteres. Los vinos PS4-24 y PS2-24 aunque no pertenecientes al mismo cuadrante se podrían relacionar por su horizontal. En el vino PS2-24 encontramos gran cantidad de ácidos como el acetato de isobutilo (AC2), acetato de isoamilo (AC3), acetato de fenetilo (AC4) y acetato de hexilo (AC5). En el cuadrante perteneciente al PS4-24 y PS5-24 dominan los ésteres y entre ellos se encuentran el tridecanoato de etilo (EE14), tetradecanoato de etilo (EE15), undecanoato de etilo (EE12), nonanoato de etilo (EE8), 3-fenilpropionato de etilo (EE35), 9-decenoato de etilo (EE11), succinato de isopentiletilo (EE25) y el 2-hidroxi-4-metilpentanoato de etilo (EE32).

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

4.3. Análisis sensorial

4.3.1. Análisis sensorial descriptivo cuantitativo

Con el objetivo de obtener una valoración objetiva sobre determinados descriptores organolépticos del vino en ambas añadas, el panel de catadores entrenado realizó un análisis sensorial descriptivo y cuantitativo para valorar todos ellos. A continuación, se presentan dos tablas (Tablas 27 y 28), una para cada añada, donde se muestran los datos recogidos y tratados estadísticamente de todas las sesiones.

Tabla 27. *Resultados panel de catadores entrenados. Añada 2023*

	Muestras				
Variables	**PS1-23**	**PS2-23**	**PS3-23**	**PS4-23**	**PS5-23**
Tonalidad	7,18±1,40^{a}	7,05±1,38^{a}	6,94±1,29^{a}	7,16±1,07^{a}	6,67±1,51^{a}
Intensidad de la capa	6,58±1,34^{a}	7,66±1,18^{ab}	7,77±0,75^{ab}	7,98±1,04^{b}	7,24±1,20^{ab}
Intensidad del olor	5,81±1,28^{a}	5,26±1,56^{a}	5,15±1,59^{a}	4,84±1,78^{a}	4,15±1,42^{a}
Afrutado	4,53±1,88^{a}	3,45±1,99^{a}	3,79±1,57^{a}	3,51±2,47^{a}	3,45±1,74^{a}
Mantequilla (diacetilo)	2,06±1,63^{a}	2,29±1,51^{a}	2,22±1,39^{a}	2,40±1,87^{a}	1,90±1,36^{a}
Láctico	1,58±1,31^{a}	2,13±1,29^{a}	1,70±1,14^{a}	1,83±1,20^{a}	1,65±1,31^{a}
Alcohólico	4,89±1,87^{a}	6,13±1,62^{a}	5,94±1,25^{a}	4,81±1,55^{a}	4,86±1,77^{a}
Amargo	2,83±1,38^{a}	4,60±2,13^{a}	4,63±2,29^{a}	4,30±1,98^{a}	3,53±1,40^{a}
Ácido	3,34±1,76^{ab}	5,13±1,74^{b}	3,35±1,76^{ab}	2,75±1,74^{a}	3,06±1,82^{a}
Astringente	2,35±1,48^{a}	4,42±1,31^{b}	4,34±1,36^{b}	4,58±1,42^{b}	4,78±1,86^{b}
Volumen en boca	3,58±1,30^{a}	4,58±0,82^{a}	4,65±0,97^{a}	4,34±0,77^{a}	4,29±1,10^{a}
Intensidad	4,14±2,00^{a}	4,89±1,12^{a}	4,70±1,39^{a}	4,33±1,52^{a}	4,12±1,67^{a}
Persistencia	3,80±1,70^{a}	4,77±1,94^{a}	5,08±1,460^{a}	5,03±1,70^{a}	4,94±2,00^{a}

*Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de vino ($p < 0,05$). Test de Tukey

Tabla 28. *Resultado panel de catadores entrenado. Añada 2024*

	Muestras				
Variables	**PS1-24**	**PS2-24**	**PS3-24**	**PS4-24**	**PS5-24**
Tonalidad	8,31±0,67^{c}	7,72±0,89^{bc}	6,80±1,33^{a}	7,71±1,14^{ab}	7,31±1,07^{ab}
Intensidad de la capa	8,47±0,71^{c}	7,56±0,96^{b}	6,46±1,34^{a}	6,79±1,31^{ab}	7,26±0,81^{ab}
Intensidad del olor	6,74±1,83^{b}	5,95±1,78^{ab}	5,36±1,10^{a}	5,92±1,36^{ab}	6,20±1,44^{ab}
Afrutado	6,28±2,01^{a}	5,93±1,94^{a}	5,65±1,50^{a}	6,06±1,58^{a}	5,86±1,95^{a}
Mantequilla (diacetilo)	2,01±2,25^{a}	0,82±1,06^{a}	1,15±1,93^{a}	1,00±1,19^{a}	1,50±1,78^{a}
Láctico	2,42±1,82^{a}	1,84±1,40^{a}	1,86±1,65^{a}	1,75±1,66^{a}	2,16±1,36^{a}
Alcohólico	6,29±1,40^{a}	5,76±1,77^{a}	5,91±2,06^{a}	6,11±2,10^{a}	6,28±1,69^{a}
Amargo	4,81±1,95^{a}	4,84±2,02^{a}	4,36±1,91^{a}	4,54±2,24^{a}	4,48±2,23^{a}
Ácido	5,49±1,18^{ab}	5,18±1,66^{ab}	4,93±1,80^{ab}	5,76±1,89^{b}	4,26±2,23^{a}
Astringente	5,58±2,31^{b}	4,85±2,00^{ab}	3,48±2,12^{a}	5,06±2,16^{ab}	4,79±2,08^{ab}
Volumen en boca	5,95±1,35^{a}	5,47±1,51^{a}	4,95±1,62^{a}	5,39±1,10^{a}	5,41±1,41^{a}
Intensidad	6,63±1,08^{b}	5,99±1,50^{ab}	5,33±1,67^{a}	6,04±1,32^{ab}	6,11±1,50^{ab}
Persistencia	6,08±1,43^{a}	5,84±1,63^{a}	5,12±1,85^{a}	6,19±1,39^{a}	6,08±1,59^{a}

*Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de vino ($p < 0,05$). Test de Tukey

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

En la añada 2023 se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las muestras evaluadas en tres de los trece atributos: intensidad de la capa, ácido y astringente.

En cuanto a los atributos visuales, la tonalidad presenta valores medios altos en todas las muestras, entre 6,67 y 7,18, sin diferencias estadísticamente significativas entre las muestras. En cambio, en la intensidad de la capa es la muestra PS1-23 la que presenta valores estadísticamente inferiores a la muestra PS4-23. Estudios previos señalan que la estabilidad cromática y tonal puede estar influenciada tanto por la composición fenólica como por la madurez tecnológica de la uva (Gómez-Míguez et al., 2007). En cuanto a la fase olfativa, el descriptor afrutado fue valorado con una puntuación entre 3,4 y 4,5, mientras que los descriptores mantequilla (diacetilo) y láctico, obtuvieron puntuaciones inferiores, pudiéndose deber a una menor percepción de notas olfativas de fermentación, sin diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de la añada 2023. En boca, las muestras PS2-23 y PS3-23 destacan por sus valores más elevados de amargor y volumen en boca, aunque sin diferencias estadísticamente significativas. Con respecto a la acidez es la muestra PS2-23 la que presenta valores significativamente más elevados; y en astringencia el vino PS1-23 presenta una intensidad significativamente inferior, a las demás muestras.

Con el objetivo de representar gráficamente esos resultados y ver la diferenciación entre los vinos, en la Figura 3 se presenta un PCA con los atributos que presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de la añada 2023.

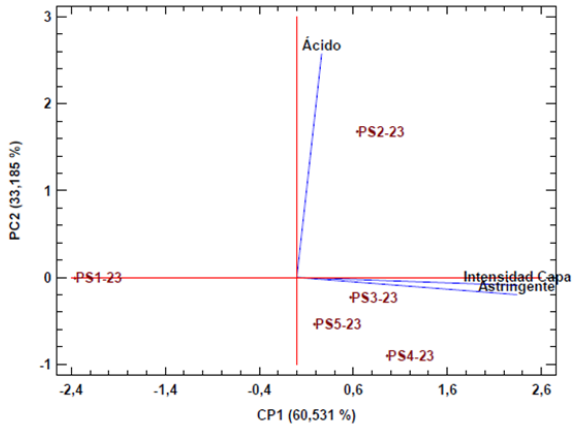

Figura 3. *Análisis de Componentes Principales (PCA) de las 5 muestras de vino de la añada 2023 junto con los atributos con diferencias estadísticamente significativas*

Se observa que las dos primeras componentes (CP1 y CP2) explican el 93,716 % de la variabilidad de todos los datos. La muestra de vino PS2-23 se caracteriza por una mayor acidez, y las muestras PS3-23, PS4-23 y PS5-23 por poseer una mayor intensidad de capa en la fase visual y astringencia en la boca. Por otra parte, la muestra PS1-23, se encuentra aislada de las demás y, como se ha comentado anteriormente, es la que menos intensidad posee en esos atributos significativos.

Paralelamente, en los datos sensoriales de la añada 2024 (Tabla 28) se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las muestras en los dos atributos de la fase visual (tonalidad e intensidad de la capa), en la intensidad del olor, en el sabor ácido, en la sensación de astringencia y en la intensidad en la fase gustativa. Se observa una tendencia general a valorar con mayor intensidad algunos atributos como tonalidad, intensidad de la capa, intensidad del olor y gustativa, así como persistencia y volumen

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

en boca respecto a la añada anterior, especialmente en muestras como PS1-24 y PS4-24. El descriptor afrutado, presenta valores más elevados en esta segunda añada, con valores cercanos a 6 aunque sin diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, lo mismo que ocurre en la añada 2023. Esto guarda estrecha relación con los VOCs encontrados en los vinos de la añada 2024, ya que la mayoría de ellos, como son los ésteres etílicos y otros ésteres, los alcoholes, terpenos y norisoprenoides entre otros, evocan aromas frutales en los vinos.

A nivel visual, los vinos de 2024 presentaron valores superiores de tonalidad e intensidad de capa, siendo más elevados en la muestra PS1-24, y con diferencias estadísticamente significativas con respecto a las demás muestras de la añada 2024. Esta mayor concentración cromática podría estar relacionada con los datos fisicoquímicos, puesto que la muestra PS1-24 presentó mayor índice de color (IC) y grado alcohólico, los cuales favorecen la extracción de antocianos y taninos durante la maceración (Casassa & Harbertson, 2014).

Respecto a la fase olfativa, se aprecia una mejora en la percepción de intensidad de olor y afrutado, con puntuaciones medias entre 5,65 y 6,28, superiores a las de 2023, aunque sin diferencias estadísticamente significativas entre muestras para el descriptor afrutado, pero sí en la intensidad del olor. En la intensidad el olor es la muestra PS1-24 la que presentó valores significativamente más elevados. Este aumento puede estar vinculado a un mayor contenido en glicerol y azúcares reductores, que potencian la percepción aromática y el equilibrio sensorial del vino (Belda et al., 2016).

En boca, los vinos de 2024 presentan puntuaciones más altas en alcohólico, volumen, intensidad y persistencia, particularmente en la muestra PS1-24, que también destaca en cuanto a atributos visuales y olfativos. Aunque las diferencias entre muestras no son siempre estadísticamente significativas, se aprecia una clara tendencia de mayor cuerpo y estructura en los vinos de esta añada.

Al igual que en la añada anterior, en el siguiente gráfico (Figura 4) se representa un PCA para destacar los atributos más relevantes que explican las diferencias entre los vinos analizados de la añada 2024. El componente principal 1 (PC1) y el componente principal 2 (PC2) explican el 79,226 % y 16,909 % de la variabilidad total, respectivamente. Se observa claramente que el CP1 diferencia las muestras PS3-24 y PS5-24 de todas demás, situadas en la parte negativa del mismo, siendo las que presentan menor intensidad en esos atributos significativos. De las otras muestras situadas en la parte positiva del CP1 es la muestra PS1-24 la que se caracteriza por poseer mayor tonalidad e intensidad de capa en la fase visual, mayor intensidad de olor y sabor, así como un valor elevado de astringencia, y la muestra PS4-24 la que se distingue por presentar una acidez más elevada.

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

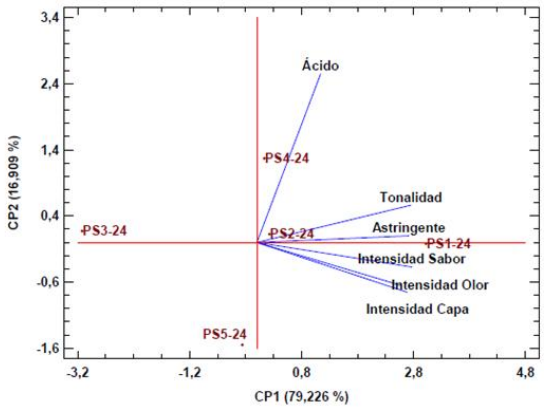

Figura 3. *Análisis de Componentes Principales (PCA) de las 5 muestras de vino de la añada 2024 junto con los atributos con diferencias estadísticamente significativas*

Aunque ambos años mantienen perfiles aromáticos similares, con predominio de carácter afrutado y moderada presencia de notas lácticas y diacetilo, en la añada 2024 la percepción de todos los descriptores se ve más potenciada. Como se ha mencionado anteriormente, la destacada presencia de aromas afrutados no es casualidad, ya que gran cantidad de compuestos aromáticos encontrados en los vinos, especialmente en la añada 2024, recuerdan a notas frutales en los vinos.

La acetoína ha sido un compuesto significativo en los vinos de la añada 2023, al contrario que el diacetilo (C1) que no lo ha sido, por ello, este último no ha sido indicado en los VOCs, pero sí que se han podido detectar en ciertos vinos. Las muestras reflejadas en la siguiente tabla (Tabla 27) son aquellas que desde el punto de vista sensorial presentan mayor intensidad del atributo mantequilla.

Tabla 29. *Concentración (mg/L) de diacetilo y acetoína en los vinos 2023*

CETONAS	PS1-23	PS2-23	PS3-23	PS4-23	PS5-23
C1 Diacetilo	0,00±0,00	0,07±0,01	0,00±0,00	0,03±0,04	0,04±0,05
C2 Acetoína	0,00±0,00^{a}	0,18±0,01^{b}	0,10±0,00^{b}	0,14±0,06^{b}	0,00±0,00^{a}

No es de extrañar, que el panel de catadores entrenado, las muestras de vino en los que más se ha puntuado el atributo mantequilla (diacetilo) sean las muestras PS2-23 y PS4-23 coincidiendo con los valores más elevados de diacetilo y acetoína de los cinco vinos analizados.

Igual que ocurría con la añada 2023, en la añada 2024, ni la acetoína ni el diacetilo han sido compuestos significativos, por ello no han sido indicados en los VOCs, en este caso, ambos compuestos han sido detectados en las cinco muestras de vino, pero no de manera significativa. En la tabla mostrada a continuación (Tabla 30) se reflejan los vinos donde por cromatografía de gases acoplada a espectrometría, se han detectado estos compuestos.

Tabla 30. *Concentración (mg/L) de diacetilo y acetoína en los vinos 2024*

CETONAS	PS1-24	PS2-24	PS3-24	PS4-24	PS5-24
C1 Diacetilo	0,12±0,03	0,12±0,03	0,05±0,01	0,12±0,01	0,05±0,01
C2 Acetoína	0,00±0,01	0,02±0,02	0,03±0,00	0,03±0,01	0,04±0,00

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

Las muestras de vino con más puntuación en cuanto a olor a mantequilla (diacetilo) según el panel de catadores entrenado en el año 2024 son las muestras PS1-24 y la PS5-24, en este caso los resultados de valoración sensorial y aromas no son tan claros como en el año 2023, pero en todas las muestras se ha detectado la presencia de olor a mantequilla, y en todas las muestras se ha demostrado la presencia de diacetilo y acetoína mediante cromatografía acoplada a espectrometría de masas.

4.3.2. Estudio de consumidores

Se han determinado los valores medios y desviación estándar, así como los resultados del ANOVA de los tres atributos evaluados por los consumidores para cada una de las muestras analizadas de la añada 2024. Todo ello se expone en la Tabla 31 mostrada a continuación.

Tabla 31. *Valores medios y desviación estándar de atributos evaluados en las muestras de la añada 2024 por los consumidores. Resultados del ANOVA*

	Muestras				
Variables	**PS1-24**	**PS2-24**	**PS3-24**	**PS4-24**	**PS5-24**
Olor	5,81±1,58^{a}	5,51±1,87^{a}	5,57±1,65^{a}	5,48±1,69^{a}	5,37±1,62^{a}
Sabor	5,25±2,06^{a}	5,30±1,78^{a}	5,26±1,74^{a}	4,95±1,74^{a}	5,17±1,79^{a}
Aceptabilidad global	5,39±1,83^{a}	5,44±1,69^{a}	5,47±1,46^{a}	5,23±1,62^{a}	5,25±1,58^{a}

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de vino ($p < 0,05$). Test de Tukey

No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las muestras para ninguno de los parámetros evaluados (aceptabilidad del olor, del sabor y aceptabilidad global). Los resultados del estudio de consumidores muestran una valoración relativamente homogénea en cuanto a las distintas muestras de la añada 2024. Los tres atributos analizados, olor, sabor y aceptabilidad global, muestran una valoración entre 5,2 y 5,8 puntos. En cuanto a la aceptabilidad global, todas las puntuaciones medias se encuentran entre 5,23 y 5,47 puntos, lo que evidencia que los catadores no han valorado ninguno de los vinos de una manera excesivamente positiva o negativa. De acuerdo con los otros dos atributos valorados, la valoración del olor es ligeramente superior a la del sabor, destacando la muestra PS1-24 con una media de 5,81 en olor, aunque sin diferencias estadísticamente significativas. Cabe destacar, que, en los atributos relativos a la fase olfativa analizados por el panel de catadores, es la muestra PS1-24 la que muestra mayor valoración en todos estos parámetros en relación con las cinco muestras analizadas, lo que demuestra una concordancia entre ambos grupos de jueces. Esta muestra destaca por su valoración en aroma afrutado, lo que concuerda con los datos recogidos en los VOCs. Algunos compuestos como son el acetato de isoamilo o la beta-damascenona, que su principal característica son los aromas afrutados, presentan mayor concentración en la muestra PS1-24. Unido a la presencia de otros compuestos como son el hexanoato de etilo, el decanoato de isobutilo o isoamilo, que evocan aromas frutales, es lógico que en esta muestra de vino destaquen esa clase de aromas y, por lo tanto, es la muestra que presenta mayor intensidad de olor y la que más ha gustado en este atributo a los consumidores. La muestra PS4-24 fue la peor valorada por los consumidores en sabor, con una valoración de 4,95. En el panel de catadores entrenado, se observa que, en la fase gustativa, la muestra PS4-24 de todos los atributos significativos se caracterizaba por su mayor acidez, lo que puede dar lugar a una menor aceptabilidad en sabor por parte de los consumidores.

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

5. CONCLUSIONES

- Los vinos de la añada 2024 presentan contenidos más elevados de grado alcohólico, pH, ácido láctico y glicerol en comparación con la añada anterior.
- En el perfil aromático de los vinos de la añada 2023 destacan el acetato de isoamilo y el acetato de fenetilo, junto con otros ésteres, lactonas y aldehídos.
- En ambas añadas (2023 y 2024), el panel de catadores entrenado detectó diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de vino en varios atributos sensoriales, lo que indica que las muestras presentan perfiles sensoriales diferenciados.
- En la añada 2024, el panel de catadores entrenado identificó más diferencias significativas entre muestras en más atributos, lo que puede sugerir que en esta añada la diferenciación sensorial entre muestras es más amplia y abarca más aspectos del perfil sensorial.
- Aunque en ambas añadas se detectaron diacetilo y acetoína mediante cromatografía acoplada a espectrometría de masas, solo la acetoína en la añada 2023 mostró diferencias significativas. Esto refuerza relación entre la técnica utilizada para la detección de VOCs y la percepción del atributo mantequilla por parte del panel de catadores entrenado, donde las muestras más valoradas en este atributo fueron en las que se detectó acetoína.
- A pesar de las diferencias detectadas por el panel de catadores entrenado, el estudio de consumidores reveló una buena aceptación global de todos los vinos de la añada 2024, sin diferencias significativas en los atributos valorados. Aunque sin diferencias significativas en la aceptabilidad global entre las muestras, ciertos características aromáticas y gustativas, como el perfil afrutado o la acidez, pueden influir en las preferencias de los consumidores.

Lucía Guzón Franco
Universidad de Valladolid, Campus de Palencia
Grado en Enología

6. BIBLIOGRAFÍA

Asociación Española de Normalización. (2010). *Análisis sensorial. Guía general para el diseño de salas de cata*. (Norma UNE-EN ISO 8589).

Asociación Española de Normalización. (1992). *Análisis sensorial. Utensilios. Copa para la degustación de vinos*. (Norma UNE-EN ISO 87022).

Asociación Española de Normalización. (2024). *Guía general para la selección, entrenamiento y control de catadores y catadores expertos* (Norma UNE-EN ISO 8586).

Ayestarán, B., Martínez-Lapuente, L., Guadalupe, Z., Canals, C., Adell, E., & Vilanova, M. (2019). Effect of the winemaking process on the volatile composition and aromatic profile of Tempranillo Blanco wines. *Food Chemistry, 276*, 187–194. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.013

Bakker, J., & Clarke, R. J. (2012). *Wine Flavour Chemistry* (2nd ed.). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118685754

Belda, I., Ruiz, J., Alastruey-Izquierdo, A., Navascués, E., Marquina, D., & Santos, A. (2016). Unraveling the enzymatic basis of wine "flavorome": A phylo-functional study of wine related yeast species. *Frontiers in Microbiology, 7*, 1–15. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00012

Blanco-Huerta, C., Fernández-Fernández, E., Vila-Crespo, J., Ruipérez, V., Moyano, R., & Rodríguez-Nogales, J. M. (2023). Impact of ageing on ultrasound-treated lees on volatile composition and sensory properties of red sparkling base wine. *Beverages, 9*(1), 23. https://doi.org/10.3390/beverages9010023

Casassa, L. F., & Harbertson, J. F. (2014). Extraction, evolution, and sensory impact of phenolic compounds during red wine maceration. *Annual Review of Food Science and Technology, 5*, 83–109. https://doi.org/10.1146/annurev-food-030713-092438

Csutoras, C., Bakos-Barczi, N., & Burkus, B. (2022). Medium chain fatty acids and fatty acid esters as potential markers of alcoholic fermentation of white wines. *Acta Alimentaria, 51*(1), 33–42. https://doi.org/10.1556/066.2021.00129

Ferreira, V., López, R., & Cacho, J. F. (2000). Quantitative determination of the odorants of young red wines from different grape varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 80*(11), 1659–1667. https://doi.org/10.1002/1097-0010(20000901)80:11

Gómez-Plaza, E., & Cano-López, M. (2011). A review on micro-oxygenation of red wines: Claims, benefits and the underlying chemistry. *Food Chemistry, 125*(4), 1131–1140. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.034

González-Barreiro, C., Rial-Otero, R., Cancho-Grande, B., & Simal-Gándara, J. (2015). Wine aroma compounds in grapes: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 55*(2), 202–218. https://doi.org/10.1080/10408398.2011.650336

Jackson, R. S. (2014). *Wine Science: Principles and Applications* (4th ed.). Academic Press. https://doi.org/10.1016/C2010-0-68442-4

Li, H., & Duan, C. (2019). The chemistry of wine aroma: A review. In *Advances in Wine Research* (pp. 1–26). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15968-5_1

Li, S.-Y., & Duan, C.-Q. (2019). Astringency, bitterness and color changes in dry red wines before and during oak barrel aging: An updated phenolic perspective review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 59*(12), 1840–1867. https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1431762

Liu, S. Q. (2002). Malolactic fermentation in wine – beyond deacidification. *Journal of Applied Microbiology, 92*(4), 589–601. https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2002.01589.x

Liu, S. Q., Pilone, G. J., & Fleet, G. H. (2016). The role of organic acids in wine aroma. *Australian Journal of Grape and Wine Research, 22*(3), 235–248. https://doi.org/10.1111/ajgw.12180

Liu, S., Lou, Y., Li, Y., Zhao, Y., Laaksonen, O., Li, P., Zhang, J., Battino, M., Yang, B., & Gu, Q. (2023). Características aromáticas de los compuestos volátiles aportadas por variaciones en los microbios en la vinificación. *Food Chemistry, 420*, 136075. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136075

Lyu, J., Ma, Y., & Xu, Y. (2019). Characterization of the key aroma compounds in Marselan wine by gas chromatography-olfactometry, quantitative measurements, aroma recombination, and omission tests. *Molecules, 24*(16), 2919. https://doi.org/10.3390/molecules24162919

Oliveira, J. M., Faria, M., Sá, F., Barros, F., & Araújo, I. M. (2006). C6-alcohols as varietal markers for assessment of wine origin. *Analytica Chimica Acta, 563*(1–2), 300–309. https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.12.029

Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). (2021). *Compendio de métodos internacionales de análisis de vinos y mostos* (Vols. 1 y 2). OIV. https://www.oiv.int

Park, Y. C., Shaffer, C. E. H., & Bennett, G. N. (2009). Microbial formation of esters. *Applied Microbiology and Biotechnology, 85*(1), 13–25. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2170-x

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (2000). *Mass spectrometry in grape and wine chemistry* (Vol. 2). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118561025.ch5

Rodríguez, C., & Devora, Y. (2017). Universidad de Oriente. *Tecnología Química, 37*, 442–452. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445552858004

Setzer, W. N. (2016). Volatile components of oak and cherry wood chips used in aging of beer, wine, and spirits. *American Journal of Essential Oils and Natural Products, 4*(2), 37–41.

Styger, G., Prior, B., & Bauer, F. F. (2011). Wine flavor and aroma. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 38*(9), 1145–1159. https://doi.org/10.1007/s10295-011-1018-4

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

Szczurek, A., & Maciejewska, M. (2005). Relationship between odour intensity assessed by human assessor and TGS sensor array response. *Sensors and Actuators B: Chemical, 106*(1), 13–19. https://doi.org/10.1016/j.snb.2004.05.031

Villamor, R. R., & Ross, C. F. (2013). Wine matrix compounds affect perception of wine aromas. *Annual Review of Food Science and Technology, 4*, 1–20. https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182707

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