



Universidad de Valladolid

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación
de Alimentos

EVOLUCIÓN DEL PERFIL AROMÁTICO DE VINOS ENVEJECIDOS EN DISTINTAS MADERAS

Alumna: Paula Gómez Herranz

Tutoras: Ana María Martínez Gil

María del Álamo Sanza

Año: 2025



En primer lugar, me gustaría mostrar mi más sincero agradecimiento a las Bodegas Familiares Matarromera por darme la oportunidad de realizar este trabajo con ellos, acogido bajo la Cátedra Vitivinícola de Carlos Moro.

También agradecer a mis tutoras, Ana María Martínez Gil y María del Álamo Sanza por su paciencia y dedicación.

Por último, dar las gracias a mi familia y amigos por el apoyo que me han brindado en todo el proceso. Sin ellos no habría sido posible.

RESUMEN

El vino se valora tanto por su tradición como por su complejidad sensorial. La crianza en barrica, etapa clave en su elaboración, modifica notablemente sus características, en especial las organolépticas, dependiendo de factores de la barrica (tostado, origen, etc.) y del propio vino (pH, grado alcohólico, etc.). El presente trabajo tiene como objetivo estudiar la evolución de los compuestos volátiles, polifenoles, color, parámetros enológicos y características sensoriales de un vino tinto joven en función de la especie de madera utilizada para su envejecimiento (*Q. petraea*, *Q. alba* o *Q. robur*) y del número de usos de la barrica (nueva o de segundo uso), durante cuatro meses de crianza. Para ello, se empleó un vino tinto elaborado exclusivamente con uva Tempranillo, evaluando los cambios cromáticos, la evolución de los compuestos volátiles mediante cromatografía de gases y su correlación con el análisis sensorial realizado por un panel de catadores. Estos datos permitirán relacionar la especie de madera y su uso con un perfil aromático y sensorial característico, además de aportar información útil para futuras decisiones enológicas.

ABSTRACT

Wine is valued both for its tradition and for its sensory complexity. Barrel aging, a key step in its production, significantly alters its characteristics, especially its organoleptic properties, depending on barrel factors (toast level, origin, etc.) and the wine itself (pH, alcohol content, etc.). The present study aims to investigate the evolution of volatile compounds, polyphenols, color, oenological parameters, and sensory characteristics of a young red wine as a function of the wood species used for aging (*Q. petraea*, *Q. alba*, or *Q. robur*) and the number of barrels uses (new or second-use), over four months of aging. For this purpose, a red wine made exclusively from Tempranillo grapes was used, evaluating chromatic changes, the evolution of volatile compounds by gas chromatography, and their correlation with sensory analysis conducted by a panel of tasters. These data will allow us to link the wood species and its use to a characteristic aromatic and sensory profile, as well as provide useful information for future winemaking decisions.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Breve definición de crianza en barrica	1
1.2 Importancia de la madera de roble en la crianza	1
1.3 Compuestos aromáticos derivados de la madera	2
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	4
2.1 Justificación	4
2.2 Objetivos	4
2.3 Plan de trabajo.....	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3.1 Vino base.....	5
3.2 Barricas de roble.....	5
3.3 Métodos de análisis químico.....	6
3.4 Análisis sensorial.....	8
3.5 Análisis estadístico.....	9
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
5. CONCLUSIONES.....	27
6. BIBLIOGRAFÍA	28
7. ANEXOS.....	32
7.1. Tablas de los anexos	32
7.2. Figuras de los anexos	37

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Breve definición de crianza en barrica

La crianza en barrica es una etapa fundamental en la elaboración de vino de calidad, especialmente en tintos, y constituye una de las principales fuentes de los denominados aromas terciarios. Se trata de un proceso tradicional que consiste en mantener el vino en el interior de barrica de madera, habitualmente barricas de roble de 225 litros de capacidad, durante varios meses. Esta técnica no solo permite la transferencia de compuestos cedidos por la madera, sino también produce una serie de transformaciones físico-químicas y microbiológicas que modifican positivamente las características organolépticas del vino (Lu et al., 2024a).

Durante el envejecimiento tienen lugar fenómenos simultáneos (**Ilustración 1**). Una parte del vino es absorbida por la madera, especialmente en barricas nuevas, mientras que agua y etanol se evaporan lentamente a través de sus poros, generando una merma de volumen y un ligero aumento del grado alcohólico, debido a la pérdida proporcionalmente mayor de agua respecto al etanol (Vivas et al., 2019). Al mismo tiempo, la madera permite una entrada controlada de oxígeno que se conoce como microoxigenación. Este fenómeno favorece reacciones de polimerización entre taninos y antocianos, estabilizando el color y suavizando la astringencia del vino. También ocurre la clarificación natural por sedimentación de los compuestos coloidales (Garde-Cerdán & Ancín-Azpilicueta, 2006; Jordão et al., 2006). Uno de los efectos más importantes que se produce en la crianza es la liberación de compuestos volátiles y no volátiles por parte de la madera al vino (Navarro et al., 2018).

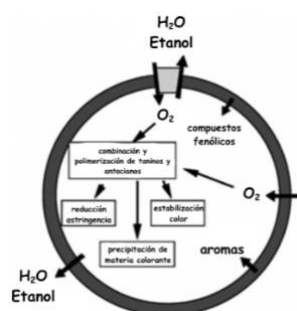


Ilustración 1. Fenómenos que tienen lugar durante la crianza en barrica (Zamora Marín, 2003)

1.2 Importancia de la madera de roble en la crianza

Las propiedades estructurales, anatómicas y químicas del roble lo convierten en la madera de referencia en la industria enológica, desplazando progresivamente a otras como el castaño o la acacia (Vivas et al., 2019). Su porosidad confiere una permeabilidad adecuada al oxígeno, condición esencial para los procesos de

microoxigenación que tienen lugar durante la crianza (Nixon, 2006). El origen geográfico de la madera y la especie de roble empleada ejercen una influencia decisiva en la composición final del vino (Garde-Cerdán, 2006). Actualmente, la industria tonelera se centra en tres especies del género *Quercus* que son *Q. petraea* y *Q. robur*, conocidos coloquialmente como robles franceses, aunque pueden proceder de otros bosques europeos, y *Q. alba* o roble americano (Nixon, 2006). Estas especies presentan diferencias anatómicas y químicas que repercuten tanto en la fabricación de las barricas como en la calidad sensorial del vino repercutiendo en diferentes aportes aromáticos y estructurales a los vinos envejecidos en ellas durante la crianza (Lu et al., 2024a). En la **Tabla 1** se recogen las principales diferencias que existen entre las tres especies atendiendo al tipo de grano, tasa de transferencia de oxígeno (OTR), compuestos aromáticos y contenido en elagitaninos.

Tabla 1. Diferentes características de las especies de roble *Q. petraea*, *Q. alba* y *Q. robur*

Característica	<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus alba</i>	<i>Quercus robur</i>
Tipo de grano	Fino y uniforme ^{1,2,4}	Ancho, poroso e irregular ^{1,4}	Medio-ancho, heterogéneo ^{3,4}
OTR	12.34 mg/L·año (media) ²	9.51 mg/L·año (media) ²	n.d.
Volátiles	Moderada concentración ⁵	Alta concentración ⁵	Baja concentración ⁵
Elagitaninos	Medio (media 67,3 mg/g) ³	Bajo (< 50 mg/g de madera seca) ³	Alto (media 80.8 mg/g) ³

OTR=Tasa de Transferencia de Oxígeno; 1. Del Alamo-Sanza et al., 2017b; 2. Del Alamo-Sanza et al., 2017c; 3. Mosedale et al., 1996; 4. Vivas, 2005; 5. Jordão & Cosme, 2022

En términos enológicos, la especie *Q. petraea* aporta equilibrio entre los compuestos aromáticos y los elagitaninos, favoreciendo vinos complejos y aromáticos. La especie *Q. alba* presenta una menor permeabilidad al oxígeno, una elevada liberación de compuestos aromáticos, lo que proporciona vinos intensos en aroma, y una menor cesión de elagitaninos aportando menor astringencia. Por último, la especie *Q. robur*, debido a su elevado contenido en elagitaninos y a su menor contribución aromática, proporciona vinos con mayor estructura tánica y evolución más marcada.

1.3 Compuestos aromáticos derivados de la madera

La crianza en bodega de roble resulta determinante en la evolución del perfil aromático del vino, debido a la cesión de compuestos fenólicos y volátiles. Los elagitaninos actúan regulando la oxidación y promoviendo la condensación entre taninos y antocianos, lo que repercute en la estabilidad cromática y sensorial del vino (Del Fresno et al., 2020a). Asimismo, aporta compuestos volátiles responsables del aroma, entre los que destacan los furanos, aldehídos y cetonas fenólicas, fenoles volátiles y lactonas (Gombau et al., 2022a). Estos compuestos provienen en gran parte de la degradación térmica durante el tostado de los componentes estructurales de la madera: lignina, celulosa y hemicelulosa. Estos constituyen el 50%, 25% y 25% del peso secos, respectivamente (Martínez-Gil et al., 2022a).

La proporción y el tipo de compuestos que la madera es capaz de transferir al vino depende de múltiples factores entre los que destacan la especie de roble, el origen geográfico, las prácticas silvícolas y especialmente el tratamiento térmico aplicado durante el secado y tostado de las duelas (Fonction De L' et al., 1989; Jordão et al., 2006). Este tostado tiene una influencia determinante, ya que provoca la termodegradación de lípidos, polisacáridos y lignina, generando nuevas clases de compuestos como pirazinas, furanos y fenoles (Pérez-Coello et al., 2000). Sin embargo, no todos los compuestos volátiles resultan deseables desde el punto de vista sensorial: fenoles etílicos como 4-etilfenol y 4-etilguayacol, derivados de la lignina y potenciados por la presencia de la levadura *Brettanomyces/dekkera*, generan aromas desagradables (Šučur et al., 2016).

En conjunto, la interacción entre la madera y el vino durante la crianza está condicionada por una compleja red de factores físicos, químicos y microbiológicos. Esta complejidad explica la gran variabilidad que puede apreciarse en los perfiles aromáticos de los vinos envejecidos en barrica. En la **Tabla 2** se recogen los principales compuestos aromáticos identificados, junto con su precursor, sus principales descriptores aromáticos y su Umbral de Percepción Olfativa (UPO) (Martínez-Gil et al., 2022a).

Tabla 2. Principales compuestos volátiles estudiados (Martínez-Gil et al., 2022a)

Origen	Familia de compuestos	Nombre	Descriptor	UPO (µg/L)
Lignina y polisacáridos	Fenoles volátiles	Guayacol	Humo, dulce, medicinal	9.5
		4-etilguayacol	Fenólico, humo, cuero	47
		4-metilguayacol	Especias, fenólico	20
		4-vinilguayacol	Clavo	40
		Eugenol	Clavo, miel, especias	6
		Isoeugenol	Flores, clavo	6
		Siringol	Humo, madera	570
Polisacáridos	Compuestos furánicos	Furfural	Pan, almendras, dulce	15000
		5-metilfurfural	Almendras, caramelo	16000
		5-hidroximetilfurfural	Miel, caramelo	5000
		Alcohol furfurílico	Caramelo, ahumado	2000000
Lípidos	Lactonas	<i>trans</i> -β-metil-γ-octalactona <i>cis</i> -β-metil-γ-octalactona	Coco, madera, vainilla	140-370 20-46
Lignina	Aldehídos fenólicos y fenil cetonas	Vainillina	Vainilla	1000
		Siringaldehído		50000
		Acetovanillona		1000

Los compuestos derivados de la lignina y de los lípidos se generan por la descomposición térmica de los mismos durante el proceso de tostado, mientras que los que derivan de los polisacáridos (celulosa y hemicelulosa), se originan mediante reacciones de Maillard, dando lugar a compuestos furánicos y heterociclos volátiles que son perceptibles a bajas concentraciones pese a que se extraen fácilmente (Culleré et al., 2013).

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1 Justificación

La etapa de crianza en contacto con la madera ha sido objeto de múltiples investigaciones por su impacto en el color, el aroma y las propiedades sensoriales del vino. Sin embargo, pese a la abundante bibliografía existente, cada bodega presenta particularidades enológicas que hacen necesario el estudio individual del comportamiento de sus vinos frente a diferentes especies de roble (*Q. petraea*, *Q. alba* y *Q. robur*). Por ende, este trabajo se plantea con el principal objetivo de aportar información específica y de relevancia sobre la interacción entre el vino y las condiciones de crianza, contribuyendo así a una toma de decisiones más precisas a fin de optimizar el proceso de crianza en madera.

2.2 Objetivos

El principal objetivo de este trabajo fue estudiar el impacto de la especie de roble y del número de usos de la barrica en la composición química y sensorial de un vino tinto joven tras un periodo de cuatro meses de crianza. Para ello, se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Comparar el efecto de diferentes especies de roble (*Q. petraea*, *Q. alba* y *Q. robur*) sobre la evolución química y sensorial de un vino tinto joven durante la crianza.
- Evaluar la influencia del número de usos de las barricas en la transferencia de compuestos aromáticos y fenólicos al vino.
- Caracterizar las diferencias cromáticas y aromáticas entre los vinos envejecidos en barricas nuevas y de segundo uso.
- Determinar qué combinaciones de especie de roble y nivel de uso de la barrica favorecen una mayor complejidad y equilibrio sensorial.
- Proporcionar recomendaciones prácticas para la selección de barricas en función del perfil deseado del vino y las condiciones específicas de la bodega.

2.3 Plan de trabajo

El plan de trabajo seguido es el siguiente:

- Envejecimiento del vino tinto base durante 120 días en barricas de madera de roble francés (*Q. petraea*), nuevas y de segundo uso, y de roble americano (*Q. alba*) y húngaro (*Q. robur*) nuevas.
- Cuantificación mensual de compuestos aromáticos mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

- Análisis espectrofotométrico de los compuestos cromáticos y fenólicos de los tanto del vino base como de los vinos envejecidos.
- Cata mensual de los vinos envejecidos mediante un panel de expertos de la propia bodega.
- Valoración sensorial final de los vinos posterior a su crianza mediante un panel de expertos de la propia bodega y externos a la misma.
- Estudio de los resultados mediante técnicas estadísticas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Vino base

El vino utilizado fue un monovarietal Tempranillo tinto joven, de la añada de 2024, con fermentación maloláctica finalizada. Su elaboración tuvo lugar en las Bodegas Familiares Matarromera, pertenecientes a la Denominación de Origen Ribera del Duero. Antes de su envejecimiento en barricas, el vino fue muestreado para el análisis de sus parámetros enológicos (**Tabla 3**) y se adicionaron aditivos enológicos, metabisulfito de potasio ($K_2S_2O_5$) y tanino enológico. Tras la adición de sulfuroso, el vino se introdujo en las distintas barricas de roble del estudio, dando inicio a la etapa de crianza.

Tabla 3. Analítica del vino base

Grado	AT	AV	pH	IC	IPT
14.98	4.86	0.52	3.91	17	80

Grado=grado alcohólico en %v/v; AT= acidez total en g/l ácido tartárico; AV= acidez volátil en g/l ácido acético; IC= Intensidad de color; IPT=Índice de polifenoles totales.

3.2 Barricas de roble

El envejecimiento se llevó a cabo en barricas de roble de 225 litros de capacidad de diferentes especies y tonelerías. Las especies utilizadas fueron las principales usadas en enología: *Q. petraea*, *Q. alba* y *Q. robur*, siendo la primera de ellas adquirida en tres tonelerías diferentes. Además, de la especie *Q. petraea* de una de las tonelerías, se ha utilizado además de barricas nuevas, barricas de segundo uso. Estas últimas habían sido previamente empleadas para la crianza de un vino tinto joven de variedad Tempranillo 100%, con características muy similares al vino base de este estudio. De cada tipo barricas (especie, tonelería y usos) se emplearon dos unidades, lo que supuso un total de 12 barricas, cuyas especificaciones se detallan en la **Tabla 4**. Para ello, se necesitó un volumen total de 2850 litros de vino base, que permaneció en las diferentes barricas durante un periodo de 123 días (cuatro meses). Todos los vinos fueron envejecidos bajo las mismas condiciones ambientales de humedad y temperatura (70% HR y 16°C). Durante todo el proceso de envejecimiento se controló semanalmente el

nivel de SO₂ libre, añadiendo metabisulfito potásico siempre que los niveles descendían por debajo de 25 mg/L.

Tabla 4. Barricas y sus principales características

Especie	Origen	Tonelería	Uso barricas	Tostado	Tiempo-temperatura	Secado	Grano
<i>Quercus petraea</i>	Francia	Boutes Chassin Saint Martin	2 nuevas 2 nuevas 2 nuevas+2 usadas	Medio	25-35 min; 180-200 °C	24-36	Fino
<i>Quercus alba</i>	Estados Unidos	Herfe	2 nuevas	Medio	30-40 min; 200-220 °C	24	Grueso
<i>Quercus robur</i>	Hungría	Intona	2 nuevas	Medio	30 min; 190-200°C	36	Medio

Francia: bosques de Allier y Tronçais; Estados Unidos: zona centro y norte; Secado en meses al aire libre

3.3 Métodos de análisis químico

Durante el periodo de crianza (de enero a mayo) se tomaron muestras mensuales de cada una de las doce barricas del estudio, obteniéndose un total de 48 muestras totales. A cada muestra se le realizaron de forma sistemática análisis de sus parámetros enológicos, índice de polifenoles totales, intensidad de color, parámetros cromáticos en el espacio CIELab y determinación de los compuestos aromáticos.

Los parámetros enológicos, el índice de polifenoles totales (IPT), la intensidad de color (IC) y los compuestos aromáticos se analizaron mensualmente mientras que la evaluación del color en el espacio de CIELab se evaluó únicamente al inicio y al final de la crianza. Asimismo, se llevó a cabo una cata descriptiva mensual de cada una de las muestras tomadas, realizada por un panel de expertos de la bodega, así como una cata final, llevada a cabo por catadores expertos tanto internos como externos a la bodega. Los análisis se hicieron por duplicado siguiendo las metodologías que se describen a continuación:

Parámetros enológicos básicos

Los parámetros básicos se analizaron mediante un analizador Foss WineScan™ con módulo de sulfuroso, basado en la técnica de análisis de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR). Esta tecnología permite analizar la muestra en el espectro infrarrojo medio y predecir la concentración de sus componentes a partir de la absorción de radiación a distintas longitudes de onda. Los parámetros medidos fueron: grado alcohólico (°Alc, expresado en %v/v), acidez total (AT, expresado en g/L de ácido tartárico), acidez volátil (AV, expresado en g/L de ácido acético), pH, sulfuroso libre (L-SO₂, expresado en mg/L) y sulfuroso total (T-SO₂, expresado en mg/L).

Métodos espectrofotométricos

El análisis espectrofotométrico se utilizó para la determinación de los distintos parámetros relacionados con la composición fenólica y cromática del vino. Para todos los análisis se utilizó el espectrofotómetro UV-1900i (Shimadzu), empleando cubetas de

cuarzo con recorridos ópticos de 1 cm o 1 mm, en función del tipo de análisis. En todos los casos se utilizó agua destilada como blanco.

- **Índice de polifenoles totales**

Los anillos bencénicos característicos de los compuestos fenólicos presentan absorción en el espectro ultravioleta con un máximo que está próximo a 275-280 nm. La medida de las absorbancias se realiza a 280 nm empleando una cubeta de cuarzo con un recorrido óptico de 1 cm. El índice de polifenoles totales se calculó como el producto de la absorbancia a 280 nm por el factor de dilución (en este caso la dilución fue 1 ml de vino en 50 ml de agua destilada) (OIV, 2024).

- **Características cromáticas**

Las características cromáticas de los vinos se deducen de su espectro de absorción. Los parámetros de Glories se obtienen de la medida de las absorbancias a 420 nm, 520 nm y 620 nm empleando una cubeta de cuarzo de 1 mm de recorrido óptico. La medida de estas absorbancias permite definir su intensidad de colorante y su tonalidad. La intensidad de colorante se obtiene como la suma de las absorbancias en las tres longitudes de onda, mientras que la tonalidad se determina como el cociente entre las absorbancias a 420 nm y 520 nm (Glories, 1984). La evaluación del color en el espacio CIELab se basa en un sistema colorimétrico tridimensional que permite caracterizar cromáticamente los vinos mediante medidas de transmitancia. Para ello, se realizó un barrido espectral desde 380 nm hasta 780 nm. Los parámetros principales L^* (luminosidad), a^* (rojo-verde) y b^* (amarillo-azul), C^* (croma) y h^* (tono) (OIV, 2024).

Determinación de compuestos aromáticos

Los compuestos aromáticos analizados fueron: guayacol, fenol, eugenol, 4-alilsiringol, siringol, furfural, 5-hidroximetilfurfural, 5-metilfurfural, alcohol furfurílico, siringaldehído, cis-whisky lactona, trans-whisky lactona, isoeugenol, acetovanillona, vainillina, 4-vinilfenol, 4-vinilguayacol, benzaldehído, gamma-nonolactona, gamma-decalactona, gamma-octalactona, delta-decalactona y fenilacetaldehído.

La técnica utilizada para su determinación fue la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS). Se empleó un cromatógrafo de gases Scion 8500 acoplado al espectrómetro de masas de triple cuadrupolo Scion 8900. Los compuestos volátiles de los vinos fueron previamente extraídos bajo condiciones de temperatura programada mediante técnicas de extracción en fase sólida (SPME) utilizando una fibra recubierta de DVB/CAR/PDMS (50/30 μm), previamente acondicionada. La separación de los analitos se llevó a cabo en una columna capilar Rxi-5Sil MS (30m x 0.25 mm x 0.25 μm , Restek), utilizando un programa de temperatura optimizado. La detección se

efectuó mediante la comparación de los espectros obtenidos con estándares analíticos y bases de datos de referencia (Pichler et al., 2024).

La cuantificación se realizó mediante el método del patrón interno y patrones externos. Como patrón interno se empleó el 4-nonanol de concentración conocida. Para cada compuesto se prepararon curvas de calibrado con soluciones estándar en matriz sintética, abarcando un rango de concentraciones típico en vinos, según el compuesto. Las curvas de calibrado se construyeron con al menos cinco puntos de diferentes concentraciones y se ajustaron mediante regresión lineal. Solo se consideraron válidas las curvas con coeficiente de determinación $R^2 \geq 0.0990$.

3.4 Análisis sensorial

Con el objetivo de conocer las diferencias sensoriales que aporta cada tipo de roble y determinar las preferencias del panel de catadores, se llevaron a cabo dos pruebas sensoriales:

i. Catas mensuales

Las catas mensuales se realizaron en la sala de catas de la Bodega Matarromera, acondicionada a una temperatura de 20°C y con iluminación neutra. El panel de catadores estuvo compuesto por 10 expertos (5 mujeres y 5 hombres), todos técnicos con formación específica en enología y pertenecientes a la bodega. En cada sesión se evaluaron 6 muestras, obtenidas a partir de la homogenización del contenido de las 12 barricas (2 barricas por tonelería). Las muestras se presentaron en copas codificadas. En la cata se evaluaron los atributos sensoriales fruta, madera, vainilla y coco, considerados como los más relevantes por parte de la bodega. Estos descriptores fueron seleccionados por su importancia en el perfil organoléptico característico de los vinos de la bodega y en base a las preferencias de los consumidores. Los atributos fruta y madera reflejan el equilibrio entre la crianza y el carácter varietal, mientras que los atributos vainilla y coco se relacionan directamente con compuestos derivados de la madera. La intensidad se valoró mediante una escala de 1 (ausencia) a 4 (presencia alta).

ii. Cata de escala final

En el análisis sensorial final participaron 30 personas (17 hombres y 13 mujeres), incluyendo enólogos expertos, alumnos del Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos, profesores del área de Química Analítica y los enólogos y responsables de la Bodega Matarromera. Esta cata se realizó en la sala de catas del Campus de Palencia perteneciente a la Universidad de Valladolid que cumple con la reglamentación UNE-EN ISO 8589:2010/A1:2014. Se elaboró una ficha de cata (véase **Tabla 5** de Anexos) para la evaluación de los vinos, los cuales fueron como en la otra cata fueron

homogenizados los de las dos barricas iguales, haciendo que la cata constase de un total de 6 vinos, considerando parámetros visuales, olfativos y gustativos en una escala de 1 (ausencia) a 5 (presencia alta). Además, se solicitó a los participantes ordenar los vinos en función de su preferencia personal. Todas las muestras fueron servidas a 18°C en copas codificadas con tres números al azar.

3.5 Análisis estadístico

El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el programa Statgraphics Centurion (versión XIX, StatPoint Technologies Inc., Virginia, Estados Unidos). Se llevaron a cabo análisis de la varianza (ANOVA) para evaluar la evolución de los compuestos volátiles a lo largo de los 4 meses de crianza. En primer lugar, se aplicó un ANOVA de un factor para estudiar, en cada mes por separado, las diferencias en la concentración de compuestos volátiles entre las distintas barricas. Posteriormente, se realizó otro ANOVA de un factor para cada tipo de barrica por separado, para analizar el efecto del tiempo de crianza en la composición aromática de las mismas. Para la comparación de medias se utilizó el test de Duncan con un nivel de significancia del 5% ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La discusión de los resultados se hará, en primer lugar, con una comparativa de las diferentes barricas de roble empleadas en un mes concreto (letra mayúscula), y, por otro lado, se realiza una comparativa a lo largo de los 4 meses de crianza para cada barrica individualmente (letra minúscula).

A. Parámetros enológicos básicos

Los parámetros enológicos básicos obtenidos en este estudio se recogen en la **Tabla 6** de Anexos. Los parámetros analizados fueron: grado alcohólico (%v/v), acidez total (g/L), acidez volátil (g/L) y pH. Ninguno de los parámetros en los vinos presentó diferencias significativas ni en función de la especie de roble empleada en las barricas, ni del número de usos de las mismas, ni del tiempo de envejecimiento.

El grado alcohólico se mantuvo en 14,7-14,8 durante todo el periodo de envejecimiento, independientemente del tipo de barrica utilizada. Algunos autores sostienen que los vinos envejecidos en roble francés (*Q. petraea* o *Q. robur*) presentan un grado alcohólico superior al de aquellos envejecidos en roble americano (*Q. alba*). Esto es debido al método de obtención de las duelas. En el caso del roble americano, el aserrado de la madera no respeta el sistema radial, lo que puede favorecer una mayor pérdida de etanol por evaporación durante la crianza. Aunque estudios como el de Pomar García

et al., 2006 respaldan esta hipótesis, todos ellos contemplan crianzas superiores a los 12 meses. En este estudio, la duración de la crianza fue inferior a 5 meses, lo que podría explicar la ausencia de diferencias en el grado alcohólico entre los vinos. En relación con la acidez total, hay trabajos que señalan que el roble francés (*Q. petraea*) puede transferir una mayor cantidad de ácidos (carboxílicos, fenólicos y volátiles) al vino, confiriéndoles una mayor acidez total, en comparación con el roble americano (Martínez García, 2004). No obstante, esta tendencia no se ha observado en el presente estudio, posiblemente debido al corto periodo de envejecimiento.

Durante la crianza en barrica, es común observar un aumento en la acidez volátil debido a la porosidad de la madera, que favorece la oxidación del etanol a ácido acético (Pomar García et al., 2006). Además, se ha propuesto que las hemicelulosas de la madera, ricas en unidades de xilosa con grupos acetilo, pueden liberar ácido acético libre por hidrólisis durante el tostado (Del Alamo-Sanza et al., 2000; Pomar García et al., 2006). Sin embargo, en el presente estudio, la acidez volátil se mantuvo estable a lo largo del periodo de crianza, con valores por debajo de 0,55 g/L, lo que indica un control adecuado de este parámetro.

B. Parámetros espectrofotométricos

Índice de polifenoles totales (IPT)

En la **Tabla 7** de Anexos se presentan los valores del índice de polifenoles totales (IPT) obtenidos para los 6 vinos diferentes a lo largo del periodo de crianza. Durante el envejecimiento en barrica, la composición fenólica del vino puede verse modificada por la extracción de compuestos desde la madera, proceso influido por factores como el tipo de barrica, su tamaño, número de usos previos y duración de la crianza. En este estudio, sin embargo, se observó una disminución del contenido fenólico desde las primeras etapas, independientemente del tipo de barrica utilizada. Esta reducción puede atribuirse a fenómenos de polimerización y precipitación de compuestos fenólicos de alto peso molecular, así como a su absorción por la madera (Sánchez Moreno, 2003). La mayor caída inicial se registró en los vinos de las barricas RFMS2 (*Q. petraea* de segundo uso), mientras que la menor se observó en los de la barricas RFB (*Q. petraea*, nuevo). No obstante, tras la caída inicial, el contenido fenólico en los vinos RFMS2 se mantuvo relativamente estable, mientras que en los de RFB continuó disminuyendo de forma progresiva. Como resultado, al finalizar la crianza, los vinos presentaron contenidos fenólicos estadísticamente similares, independientemente del tipo de barrica.

Intensidad de color

En la **Tabla 8** de Anexos se presentan la intensidad de color y tonalidad de los vinos obtenidos de las diferentes barricas a lo largo del periodo de crianza. Los valores de intensidad de color evidencian una elevada concentración en compuestos fenólicos y antociánicos en los vinos. Durante los 3 primeros meses de crianza, no se observaron diferencias significativas entre los vinos de las distintas barricas, sin embargo, en todos los vinos disminuye la intensidad de color con el tiempo excepto en el procedente de RFB (*Q. petraea* nueva), conllevando que este vino tuviera la mayor IC a los 4 meses, siendo significativa con el vino de la barrica RFSM1 (*Q. petraea* nueva). Esto sugiere que el tiempo de crianza es un factor determinante en la evolución del color. La estabilidad cromática puede estar influida por la microoxigenación y por los compuestos cedidos por la madera, especialmente los fenoles. Una mayor disponibilidad de oxígeno favorece reacciones de condensación y polimerización de antocianos y taninos, generando estructuras más estables en el tiempo (Del Alamo-Sanza et al., 2000; Martínez García, 2004). En este estudio fue RFB la barrica que permitió una mayor estabilidad del color de los vinos, y las barricas de *Q. alba* y *Q. robur* las que permitieron en el último mes de envejecimiento incluso un pequeño aumento de la IC.

Las reacciones de polimerización y co-pigmentación de taninos-antocianos además de otras reacciones generan pigmentos más estables, aunque también provocan un cambio en la tonalidad del vino, desplazando el color rojo intenso hacia el rojo “teja” (Cejudo-Bastante, 2011). Los resultados obtenidos muestran un aumento de la tonalidad de todos los vinos a lo largo de la crianza, aunque sin diferencias estadísticamente significativas probablemente debido al corto periodo de envejecimiento. El incremento de la tonalidad refleja una mayor absorción a 420 nm respecto a 520 nm, lo que indica una evolución cromática habitual durante el envejecimiento: ligera pérdida de intensidad colorante y transición hacia tonalidades más evolucionadas.

Espacio de color CIELab

La evaluación del color de los vinos mediante los parámetros del espacio CIELab se recoge en la **Tabla 9** de Anexos. El parámetro a^* , asociado a la componente roja del color cuando presenta valores positivos, mostró diferencias significativas entre algunas barricas durante la crianza. En los vinos envejecidos en barricas de *Q. petraea*, se observó una tendencia general a la disminución de a^* , siendo esta reducción estadísticamente significativa en dos de las cuatro barricas evaluadas. Por el contrario, en los vinos envejecidos en barricas de *Q. robur* y *Q. alba*, se registró un incremento de a^* , aunque dicho aumento solo fue estadísticamente significativo en el caso de *Q. alba*.

Esta evolución sugiere que, a pesar de la corta duración de la crianza, pueden darse modificaciones cromáticas dependiendo del tipo de madera, donde las maderas de las especies *Q. robur* y *Q. alba* tuvieron un comportamiento diferente a *Q. petraea*.

El parámetro b^* , cuyo aumento es indicador de ganancia de tonalidades amarillas y pérdidas de azulados, aumentó significativamente con el tiempo en todos los vinos analizados, reflejando una evolución cromática hacia tonalidades teja. Los vinos envejecidos con *Q. petraea* de la tonelería Saint Martin (RFSM1 y RFSM2) junto con RFC, fueron los que presentaron los valores más elevados de b^* al cabo de 4 meses, pero en ningún caso de forma significativa. Por el contrario, el vino envejecido con *Q. alba* —RAH— mostró los valores más bajos de b^* tanto al mes 1 como al mes 4, siendo el que más respeta las tonalidades azuladas. Este comportamiento, podría atribuirse a un menor aporte de taninos por parte de esta especie de roble, lo que limitaría las reacciones de condensación y copigmentación responsables de la evolución cromática. Como consecuencia, el color de este vino difiere del resto, aunque probablemente sea menos estable en el tiempo debido a la menor formación de compuestos estabilizantes, lo que se refleja por su menor luminosidad e IC. No obstante, para confirmar esta hipótesis y evaluar si estas diferencias se mantienen o acentúan, sería necesario un periodo de envejecimiento más prolongado.

En relación con la luminosidad (L^*), la mayoría de los vinos mostró una evolución estable durante el periodo de crianza. No obstante, se observaron variaciones significativas en dos casos concretos: los vinos criados en barricas RFB presentaron una disminución notable de luminosidad, mientras que los correspondientes a RFSM1 experimentaron un incremento significativo. Este aumento podría estar vinculado a la precipitación de complejos tanino-antociano, lo que reduciría la opacidad y favorecería una mayor claridad visual del vino. Cabe destacar que, al mes 1, la barrica que presentaba mayor luminosidad era RFB, mientras que a los 4 meses fue RFSM1, lo que pone de manifiesto el comportamiento diferencial de ambas barricas a lo largo del proceso de crianza.

Por último, el parámetro C^* , indicador de la saturación cromática, se mantuvo estadísticamente estable entre los meses 1 y 4 de crianza en la mayoría de los vinos. Sin embargo, el vino envejecido en barrica de roble americano (*Q. alba*, RHA) presentó un incremento significativo en su croma al mes 4. Aunque al mes 1 este vino mostraba el valor más bajo de C^* , a los 4 meses se situó entre los más altos, junto con el vino procedente de la barrica RFB, lo que sugiere un comportamiento diferencial en la evolución cromática según el tipo de madera utilizada.

C. Compuestos aromáticos

Fenoles volátiles

Los fenoles volátiles, derivados de la degradación térmica de la lignina durante el tostado de la madera, fueron objeto de seguimiento mensual en los vinos criados en las distintas barricas durante los 4 meses de estudio. A continuación, se presentan los resultados y la discusión relativos a los compuestos analizados: guayacol, eugenol, isoeugenol, siringol, 4-alilsiringol, 4-vinilfenol, 4-vinilguayacol y fenol.

- **Guayacol:** el mayor aporte de guayacol de la madera al vino fue durante el primer mes de crianza (**Figura 1** de Anexos), ya que en este momento se alcanzaron las concentraciones más elevadas del estudio. A partir de ese punto, los valores se mantuvieron similares o ligeramente inferiores, sin incrementos en los meses posteriores. Durante el primer mes de crianza, el vino envejecido en barrica de *Q. alba* (RAH) presentó el contenido más elevado y estadísticamente significativo de este compuesto, destacándose frente al resto de las muestras analizadas. Este resultado concuerda con el estudio de Fernández De Simón et al., 2003, donde se obtuvo una mayor concentración de eugenol en los vinos envejecidos en robles americanos (*Q. alba*) que en robles franceses (*Q. petraea*) al final de la crianza. Este compuesto presenta un umbral de percepción olfativa (UPO) de 9,5 µg/L y está asociado a descriptores como humo, medicinal y dulce (**Tabla 2**). Como puede apreciarse, en todos los vinos analizados en el primer mes, la concentración de guayacol superó el valor del UPO, lo que indica que su contribución al aroma del vino es directa y perceptible. No obstante, a lo largo del periodo restante, con excepción del vino procedente de la barrica RFC, el contenido de guayacol disminuyó progresivamente, probablemente debido a la transformación del compuesto en otras moléculas. Al cabo de 4 meses de crianza en las distintas barricas, solo los vinos, RAH y RFC presentaron concentraciones de guayacol estadísticamente superiores al resto, y por encima del UPO. Por otro lado, las concentraciones más bajas tras este periodo se observaron en los vinos RFSM1 y RFB.
- **Eugenol:** a diferencia del guayacol, el eugenol mostró una cesión más paulatina, con un incremento progresivo a lo largo del tiempo. En la mayoría de los vinos, la mayor cesión fue en el último mes de envejecimiento, especialmente en los vinos RFC, RFSM2 y RAH. En el resto de los vinos, el aumento fue más uniforme entre los distintos puntos de muestreo. Cabe destacar que el vino envejecido con *Q. robur* presentó un comportamiento distinto, con una concentración máxima de eugenol al mes 3, que disminuyó ligeramente en el mes siguiente. Este compuesto presenta un

UPO de 6 µg/L y se asocia con descriptores como la miel, el clavo y las especias (**Tabla 2**). Tal y como se aprecia en la **Figura 2** de Anexos, la concentración de eugenol en todos los vinos y durante todos los meses de crianza superó o igualó el valor del UPO, de manera que este compuesto contribuyó al aroma del vino directa y perceptiblemente durante toda la crianza. Las concentraciones más bajas tras el periodo de crianza se obtuvieron en los vinos envejecidos en las barricas de las especies *Q. robur* (REI) mientras que el vino de la especie *Q. alba* mostro las mayores concentraciones. Este resultado concuerda con la premisa de que la especie *Q. robur* contiene menos compuestos aromáticos en comparación con las especies *Q. petraea* y *Q. alba* (Jordão & Cosme, 2022b; A. Martínez-Gil et al., 2018). En el caso de la especie *Q. alba*, hay estudios que sostienen que la concentración de eugenol fue significativamente más alta en la especie americana que en la especie francesa (*Q. petraea*) al finalizar la crianza, algo que de nuevo concuerda con este estudio (Fernández De Simón et al., 2003).

- **Isoeugenol:** En todos los casos, excepto en el vino envejecido en barrica RFC, el isoeugenol comenzó a detectarse a partir del mes 3 de crianza (**Figura 3** de Anexos). La concentración de isoeugenol fue aumentando a lo largo de toda la etapa de crianza, siendo la cesión más relevante, en todos los casos, durante el cuarto mes de crianza. Este compuesto presenta un UPO de 6 µg/L y se asocia con descriptores como flores y clavo (**Tabla 2**). A partir del mes 3 de crianza, todos los vinos presentaron concentraciones de isoeugenol superiores al valor del UPO, de manera que, en esos casos, este compuesto contribuyó al aroma del vino de forma directa y perceptible. Para el caso particular del vino RFC, la concentración de isoeugenol fue superior al UPO durante toda la etapa de crianza, siendo perceptible olfativamente desde el mes 1. En el estudio de Lu et al., 2024b, el isoeugenol fue detectado en las tres especies de roble analizadas, al igual que en el presente trabajo. Estos autores observaron un incremento progresivo durante la crianza, siendo más elevado en las barricas del *Q. alba* y más bajos en las de *Q. robur*. Sin embargo, esta tendencia no se reproduce en el presente estudio, ya que si bien es cierto que la especie *Q. alba* (RHA) registró una elevada concentración de isoeugenol al cabo de 4 meses de crianza, de igual manera lo hicieron las barricas de la especie *Q. petraea* (RFB) y *Q. robur* (REI).
- **Siringol:** La cesión de este compuesto al vino mostró una tendencia general ascendente a lo largo de la crianza, con diferencias entre los distintos tipos de barrica. En la mayoría de los casos, su concentración aumentó progresivamente, excepto en el vino envejecido en barrica de *Q. petraea* (RFB), donde se alcanzó la concentración máxima al tercer mes, seguida de una disminución en el cuarto (**Figura 4** de Anexos). Al finalizar la crianza, el vino RFC fue el que mayor concentración de este compuesto

presentó, destacando significativamente respecto al resto. Por el contrario, las concentraciones más bajas se registraron en los vinos envejecidos en las barricas RFSM1, seguido de RFSM2 y REI. Este compuesto presenta un UPO de 570 µg/L y se asocia con descriptores como humo y madera (**Tabla 2**). En ningún caso se superó este, por lo que no se espera que contribuya de forma directa al aroma. En el estudio de Lu et al., 2024b, fue evolucionando de forma progresiva a lo largo de la crianza, con un mayor aporte de este compuesto en las barricas de roble francés (*Q. petraea*) y húngaro (*Q. robur*) respecto a las de la especie americana (*Q. alba*). Esta tendencia no se cumple en este estudio, ya que si bien es cierto que el aporte de siringol en RFC (*Q. petraea*) es muy elevado, las barricas de la especie *Q. robur* no superan en concentración a las de la especie americana (*Q. alba*). Aunque la tendencia general fue creciente en la mayoría de los casos, el periodo de crianza considerado en este estudio no permite confirmar una contribución aromática significativa del siringol. Es probable que, con un envejecimiento más prolongado, su concentración continúe aumentando hasta superar el umbral de percepción, lo que podría traducirse en una mayor influencia sensorial en el perfil aromático del vino.

- **4-Alilsiringol:** La cesión de este compuesto al vino no siguió una tendencia clara a lo largo de la crianza (**Figura 5** de Anexos). Durante los dos primeros meses, las concentraciones se mantuvieron relativamente estables en la mayoría de los vinos, a excepción del vino envejecido en la especie americana (*Q. alba*), donde se observó un incremento significativo entre ambos meses. A partir del tercer mes de crianza se observan mayores diferencias. En el caso de RFC, la concentración de 4-alilsiringol en el tercer mes no difirió estadísticamente de los dos meses anteriores, alcanzando su valor máximo en el cuarto mes. Un comportamiento similar se observó en RFSM2 y RHA, con una clara tendencia ascendente a lo largo de toda la crianza y concentración máxima al cabo de cuatro meses. Por el contrario, en los vinos de las barricas RFB, RFSM1 y REI, la concentración más alta de 4-alilsiringol se observó al tercer mes, seguida de un descenso en el último mes. Esta evolución podría explicarse por una rápida extracción inicial del compuesto hacia el vino, seguida de su interacción con taninos y antocianos, formando complejos que reducen su forma libre. Además, fenómenos de adsorción por parte de la madera podrían haber contribuido a la disminución observada en fases posteriores. Cabe destacar que, a diferencia de lo observado en este estudio, Lu et al. (2024b) reportaron una tendencia creciente del 4-alilsiringol con el tiempo de envejecimiento, obteniendo las mayores concentraciones en barricas de roble francés (*Q. petraea*). Esta discrepancia podría deberse a diferencias en las condiciones de crianza, el tipo de tostado o la duración del estudio, ya que en nuestro caso, al mes 4, fue la barrica de roble americano (*Q. alba*) la que presentó la mayor concentración de este compuesto. El UPO del 4-

alilsiringol es de 6 µg/L y se asocia con descriptores como humo y especias (**Tabla 2**). Todos los valores obtenidos en este estudio han superado dicho umbral desde el primer mes de crianza, lo que indica que este compuesto ha contribuido de forma directa y perceptible al perfil aromático del vino desde las primeras etapas del envejecimiento.

- **Fenol:** el aporte de este compuesto de las maderas al vino fue significativamente más relevante durante el primer mes de crianza en todos los vinos (**Figura 6** de Anexos). Posteriormente, se observa una tendencia general a la disminución de su concentración, aunque con particularidades según el tipo de barrica. En el caso de los vinos envejecidos en RFC, RFB y RFSM1 la concentración de fenol mostró una disminución continua tras el primer mes de crianza. En cambio, en los vinos RFSM2, RAH y REI la concentración de fenol disminuyó hasta el tercer mes, seguido de un ligero aumento en el cuarto mes. Los vinos que presentaron significativamente la mayor concentración de fenol en el primer mes fueron RFSM2 y RAH, mientras que al final del envejecimiento el valor más alto se observó en el vino RFC. No obstante, las concentraciones detectadas fueron muy bajas en todos los casos, con valores máximos entre 16 y 20 µg/L. Por tanto, ninguno de los vinos superó el UPO de este compuesto (5900 µg/L), el cual se asocia con descriptores dulce, empalagoso y químico (McKay et al., 2019), lo que indica que no contribuyó de forma directa al aroma en las condiciones de este estudio.
- **4-Vinilguayacol:** no fue detectado en el momento inicial (mes 1), pero su concentración aumentó progresivamente a lo largo de la crianza, con incrementos relativamente constantes de unos 15 µg/L por mes. En el último mes de crianza, se observó un aporte ligeramente superior, de unos 20 µg/L (**Figura 7** de Anexos). Las concentraciones obtenidas fueron estadísticamente similares en todos los vinos, independientemente del tipo de barrica utilizada, lo que sugiere que la especie de roble no influyó significativamente en la cesión de este compuesto. En cambio, el tiempo de envejecimiento se confirmó como el factor determinante en su acumulación. El UPO de este compuesto es de 40 µg/L y se asocia con descriptores como el clavo (McKay et al., 2019). Durante los dos primeros meses de crianza, los valores en los vinos no superaron este umbral. Sin embargo, a partir del tercer mes, al superarse dicho umbral, el compuesto pudo comenzar a influir perceptiblemente en el perfil aromático del vino.
- **4-Vinilfenol:** El vinilfenol no fue detectado en el primer mes de crianza en ninguno de los vinos, pero a partir del segundo mes se produjo un aumento muy significativo en su concentración, alcanzando concentraciones de 70-78 µg/L (**Figura 8** de Anexos). Aunque el incremento continuó en los meses siguientes, fue más moderado, con incrementos de entre 3 y 12 µg/L. Las concentraciones más elevadas de vinilfenol

se registraron en el cuarto mes de crianza en todos los vinos, con valores comprendidos entre 85 y 92 µg/L. El vino envejecido en barrica de *Q. robur* fue el que presentó la mayor concentración final. El UPO de este compuesto es de 40 µg/L y se relaciona con descriptores como farmacia, plástico, especiado (McKay et al., 2019). La presencia de este compuesto por encima del UPO puede resultar perjudicial para el perfil aromático del vino, aportando notas no deseadas desde el segundo mes de crianza y siendo más importantes en el vino procedente de *Q. robur*.

En cuanto a la comparativa del número de usos de las barricas y su influencia en la cesión de compuestos aromáticos, en el caso particular de los fenoles volátiles, las barricas de roble francés de la especie *Q. petraea* RFSM1 (nueva) y RFSM2 (segundo uso) muestran una tendencia globalmente similar, con diferencias puntuales como en el caso del 4-alilsiringol en el tercer mes de crianza, donde la barrica RFSM1 alcanzó un pico más elevado en cuanto a concentración respecto a RFSM2. En el caso del eugenol, durante el último mes de crianza, la concentración más elevada se obtiene en la barrica de segundo uso RFSM2. La tendencia general que cabría esperar, de acuerdo con la bibliografía consultada, es que un uso sucesivo de barricas implica una disminución en la cesión de compuestos volátiles de la madera, ya que esta fracción extraíble es limitada y finita. En los vinos de primer uso, la cesión es más intensa y rápida, mientras que, en los vinos de segundo uso, esta cesión ocurre a menores concentraciones incluso si el tiempo de contacto vino-madera es más prolongado (Gómez-Plaza et al., 2004).

Derivados furánicos

Los compuestos furánicos proceden de la degradación térmica de los carbohidratos presentes en la madera (celulosa y hemicelulosa) a causa del proceso de tostado de esta. A continuación, se presentan los resultados y la discusión relativos a los compuestos furánicos evaluados mensualmente en los vinos envejecidos en las distintas barricas: furfural, 5-metilfurfural, 5-hidroximetilfurfural y el alcohol furfúrico

- **Furfural:** El comportamiento del furfural varió según el tipo de barrica (**Figura 9** de Anexos). En el vino de la barrica RFC (*Q. petraea*) se observó una liberación rápida, alcanzando la concentración máxima en el primer mes, seguida de una disminución progresiva en los meses posteriores. En contraste, en el resto de las barricas estudiadas, la concentración de furfural aumentó gradualmente con el tiempo, alcanzando su valor máximo al cuarto mes de crianza. Destaca especialmente el comportamiento del vino envejecido en barrica de roble americano (RAH), en el que el incremento mensual de furfural fue notablemente superior al del resto de maderas,

con aumentos de entre 650 y 1000 µg/L por mes. Esta tendencia sostenida resultó en una concentración significativamente mayor al final del periodo de crianza, alcanzando al menos valores aproximadamente 3400 µg/L superiores a los observados en los demás vinos. Este resultado podría estar relacionado con mayor proporción de polisacáridos de esta madera lo que favorecería su formación durante la fabricación de la barrica y la liberación de furfural durante el envejecimiento. Hay estudios que sostienen que los niveles más elevados de compuestos furánicos, en general, y de furfural, en particular, se han encontrado en barricas nuevas de *Q. petraea* y los más bajos en barricas de *Q. alba*. La similitud en cuanto a estos compuestos se debe a que su presencia es consecuencia de reacciones de Maillard al tostar la madera, de manera que el tostado influye mucho más que la especie de roble utilizada (Gombau et al., 2022b). A pesar de estas diferencias cuantitativas, ninguna de las concentraciones alcanzadas en los vinos superó el UPO establecido en 15 000 µg/L (véase Tabla 2) y asociado a descriptores como pan, almendras y notas dulces.

- **5-Metilfurfural (5-MF):** la presencia de este compuesto destaca en dos de los vinos, RFC (*Q. petraea*) y RAH, (*Q. alba*), ya que presentan concentraciones significativamente más altas que en el resto (**Figura 10** de Anexos). En el resto de los vinos, la concentración de este compuesto fue muy baja y su tendencia fue a permanecer constante durante la crianza. Hay estudios que sostienen que el máximo de concentración lo alcanzan a los 18 meses de crianza, con una tendencia continuada al ascenso hasta alcanzar este máximo (Fernández De Simón et al., 2003). En este estudio, además, se obtuvieron diferencias entre los vinos de barricas *Q. petraea* y *Q. alba*, siendo mayor en el caso de la última. Sin embargo, otros estudios que han estudiado las mismas especies sostienen que el máximo de concentración se alcanza al cabo de 6 meses de crianza (Cerdán et al., 2002). El UPO del 5-MF es de 16000 µg/L y se asocia con descriptores como almendras y caramelo (**Tabla 2**). En ningún caso se alcanzó el umbral de percepción olfativa (UPO) del 5MF, por lo que es poco probable que haya tenido una repercusión directa en el aroma final del vino.
- **5-Hidroximetilfurfural (5-HMF):** El comportamiento del 5-HMF varió según el tipo de barrica (**Figura 11** de Anexos). En las barricas RFSM1, RFSM2, RHA y REI, la concentración aumentó progresivamente durante los cuatro meses de crianza, alcanzando su valor máximo al final del periodo. En cambio, en RFC, la concentración máxima se registró en el primer mes, disminuyendo posteriormente, mientras que en RFB el pico se alcanzó en el tercer mes, seguido de un descenso. Estos resultados contrastan con los Cerdán et al., (2002), quienes observaron que la concentración del 5-HMF fue mínima durante los 18 meses que duró la crianza en barricas de

segundo uso de la especie *Q. petraea*, algo esperable ya que el tostado al que habían sido sometidas las barricas era medio. En el caso del estudio de Fernández De Simón et al., 2003, el 5-HMF aumentó durante los 12 meses que duró la crianza en *Q. petraea*. Esta puede ser una de las razones por las cuales en periodos cortos de crianza (inferior a los 6 meses), estos compuestos tienen poca repercusión en el aroma final de los vinos. El UPO del 5-HMF es de 5000 µg/L, y se asocia a descriptores como miel y caramelo (**Tabla 2**). En ningún caso se ha obtenido una concentración que exceda este valor umbral en los vinos de este estudio, de manera que este compuesto no contribuye al aroma final de los vinos.

- **Alcohol furfurílico:** De forma general, y exceptuando el vino envejecido en barrica RFC, el aporte más significativo de alcohol furfurílico tuvo lugar durante el primer mes de crianza en todos los vinos analizados (**Figura 12** de Anexos). En los meses posteriores, su concentración disminuyó de manera progresiva en todos estos vinos. En el caso de RFC, durante el segundo mes de crianza tuvo otro aporte importante y estadísticamente significativo de este compuesto. Este compuesto se origina por reducción del furfural a través de mecanismos biológicos. En el estudio de Cerdán et al., 2002, este compuesto alcanzó su máximo de concentración a los 12 meses de crianza. Los niveles más elevados de alcohol furfurílico fueron encontrados en las barricas *Q. petraea* en un estudio comparativo de esta especie con *Q. alba* (Gombau et al., 2022b), una tendencia que no se repite en este caso en particular, donde la barrica de *Q. alba* superó en concentración máxima de este compuesto a las barricas *Q. petraea* (RFB, RFSM1 y RFSM2) y a las de *Q. robur* (REI). El UPO de este compuesto es de 2000 mg/L y se asocia a descriptores como caramelo, ahumado y nuez. Dado su elevado UPO, ninguna de las concentraciones obtenidas en este estudio lo supera, por lo que no se espera una contribución directa al aroma del vino. No obstante, algunos estudios sugieren que la presencia de compuestos furánicos como el furfural y el alcohol furfurílico podría potenciar la expresión aromática de las lactonas, actuando de forma sinérgica en el perfil sensorial (Cerdán et al., 2002).

De nuevo, haciendo una comparativa entre las dos barricas *Q. petraea*, nueva, RFSM1, y de segundo uso, RFSM2, y siguiendo la premisa descrita anteriormente por Gómez-Plaza et al., 2004, en el caso particular de los derivados furánicos, esta directriz únicamente se cumple para el furfural, 5-metilfurfural y 5-hidroximetilfurfural. En el cuarto mes de crianza tanto el furfural como el 5-HMF presentan su concentración máxima y significativamente superior en RFSM1 respecto a RFSM2, con una mayor cesión de estos compuestos por parte de la barrica de nuevo uso. El 5-MF presenta una concentración estadísticamente superior y significativa en el caso de la barrica de RFSM1 respecto a RFSM2. En cambio, en el caso del alcohol furfurílico esto no se

cumple. Su concentración en el mes 1 de crianza es estadísticamente superior en RFSM2 que en RFSM1.

Lactonas

Las lactonas se originan a partir de la descomposición térmica de los lípidos presentes en la madera durante su proceso de tostado. Las lactonas que se han estudiado en este trabajo son: cis-whisky lactona, trans-whisky lactona, gamma octalactona, gamma nonalactona, gamma decalactona y delta decalactona.

- **Cis-whiskylactona:** En general, el contenido de cis-whisky lactona (*cis*- β -metil- γ -octalactona) en los vinos aumentó con el tiempo de envejecimiento (**Figura 13** de Anexos), lo que sugiere una cesión continua del compuesto desde la madera al vino. No obstante, se observaron excepciones: en RFSM1 se registró un descenso en el último mes, mientras que en REI (*Q. robur*) la concentración se mantuvo constante durante todo el periodo. Destaca especialmente el comportamiento de la barrica RHA (*Q. alba*), donde desde el primer mes se observaron concentraciones significativamente superiores respecto al resto de vinos, alcanzando valores por encima de 250 $\mu\text{g/L}$ al cuarto mes. Este patrón ha sido reportado por diversos autores, quienes señalan que *Q. alba* presenta un mayor contenido de precursores de lactonas y una mayor facilidad para su liberación en condiciones enológicas (Gombau et al., 2022b; Jordão & Cosme, 2022b; Ross-Magahy et al., 2025). Por el contrario, los vinos envejecidos en barricas de *Q. robur* mostraron los menores contenidos de este isómero, en línea con lo observado por Fernández De Simón et al., (2003) quienes atribuyen esta baja concentración a un menor contenido de lactonas en la madera y a una cesión más limitada durante la crianza. Haga clic o pulse aquí para escribir texto. La cis-whiskylactona está asociado a notas aromáticas de coco y madera fresca, con un UPO muy bajo de 20-40 $\mu\text{g/L}$ (**Tabla 2**). Esto implica que incluso concentraciones bajas pueden influir significativamente en el perfil sensorial del vino. En este estudio, todos los vinos envejecidos en barrica superaron dicho umbral, excepto aquellos criados en barricas de *Q. robur*, cuyas concentraciones fueron muy inferiores y se mantuvieron por debajo del UPO durante todo el periodo de crianza. Esta diferencia sugiere que, mientras en la mayoría de los vinos la cis-whiskylactona contribuye directamente al aroma, en los vinos envejecidos en *Q. robur* su impacto sensorial es probablemente nulo o muy limitado.
- **Trans-whiskylactona:** En general, la concentración de trans-whiskylactona aumentó progresivamente en los vinos a lo largo del periodo de crianza, aunque con ciertas particularidades según el tipo de barrica (**Figura 14** de Anexos). Algunos vinos, como los envejecidos en RFSM1, RAH y REI, alcanzaron su concentración máxima en el

tercer mes. A partir de ese punto, la evolución fue distinta: en el caso de RFSM1, la concentración se mantuvo estable, mientras que en RAH y REI se observó una ligera disminución en los meses posteriores. Por el contrario, el resto de los vinos continuaron incrementando su contenido en trans-whiskylactona hasta alcanzar su valor máximo en el cuarto mes de crianza. En cuanto a la trans-whiskylactona, las menores concentraciones se encontraron, al igual que en el caso de su isómero cis, en los vinos envejecidos en contacto con barricas de *Q. robur*, siendo estas diferencias estadísticamente significativas. Por el contrario, las concentraciones más elevadas se observaron en los vinos criados en barricas de *Q. petraea*, destacando especialmente el vino RFB como el que presentó el mayor contenido de este compuesto. Los vinos envejecidos en barricas de roble americano (*Q. alba*) mostraron concentraciones intermedias, situándose entre los valores observados para *Q. robur* y *Q. petraea*. En comparación con su isómero cis, las concentraciones de trans-whiskylactona en los vinos fueron notablemente inferiores. En general, los valores registrados para este compuesto se situaron en un rango comprendido entre 2 y 65 µg/L, dependiendo del tipo de madera y del tiempo de crianza. Esta diferencia en la abundancia relativa entre ambos isómeros es coherente con lo descrito en la literatura, donde la forma cis suele predominar tanto en la madera como en los vinos envejecidos (Cadahía & Fernández de Simón, 2003; Cerdán et al., 2002; Del Fresno et al., 2020b; Fernández De Simón et al., 2003; Gombau et al., 2022b; Martínez-Gil et al., 2022b). Al igual que su isómero cis, la trans-whiskylactona está relacionada con aromas de coco, madera y vainilla (**Tabla 2**). Sin embargo, su contribución sensorial suele ser menor debido a su UPO más elevado, situado entre 140 y 370 µg/L. Todos los vinos presentaron concentraciones de este compuesto inferiores a su UPO. No obstante, en los vinos en especial, RFB y RFSM1, vinos con mayores concentraciones, no puede descartarse una posible contribución sensorial, especialmente si se considera un efecto sinérgico con otros compuestos estructuralmente similares, como la cis-whiskylactona. Esta interacción podría potenciar ciertas notas aromáticas, como coco o vainilla, incluso cuando los niveles individuales de trans-whiskylactona no superan su UPO.

- **Gamma octalactona:** El único aporte de este compuesto por parte de la madera al vino tuvo lugar en el mes 1 de crianza (**Figura 15** de Anexos). En los meses posteriores, su concentración fue nula en todos los vinos, lo que sugiere una cesión muy rápida del compuesto desde la madera, seguida de una degradación o conversión metabólica. Esta lactona, asociada a notas de coco y lácteos, tiene un umbral de percepción bajo (10 µg/L), por lo que su contribución se habría limitado al inicio del envejecimiento. Dada la rápida desaparición del compuesto, su impacto en

el perfil final del vino sería nulo a los cuatro meses de crianza, aunque probablemente tuvo un papel más relevante en los aromas iniciales.

- **Gamma nonalactona:** para este compuesto, las concentraciones se mantuvieron estables durante toda la crianza, sin grandes fluctuaciones entre meses ni entre muestras (**Figura 16** de Anexos). El mayor aporte de este compuesto por parte de la madera tuvo lugar en el cuarto mes de crianza en todos los casos. Todas las barricas mostraron niveles en torno a 6-8 µg/L, sin que ninguna muestra se destacara estadísticamente sobre las demás. Este compuesto tiene un UPO relativamente bajo (5–10 µg/L) y se asocia a descriptores como coco, fruta madura y caramelo, por lo que es probable que contribuya de forma constante al perfil aromático del vino durante toda la crianza. La estabilidad en sus niveles sugiere que su origen puede no depende tanto de la cesión desde la madera, sino de mecanismos endógenos del vino o de una rápida saturación de su liberación desde las duelas. El estudio reportado por Cerdán et al., 2002 sostiene que la presencia de la gamma nonalactona podría ensalzar el aroma de los isómeros de la whisky lactona.
- **Gamma decalactona:** el aporte más significativo de este compuesto por parte de la madera tuvo lugar en el segundo mes, aunque en general siguió aumentando hasta el tercero o cuarto dependiendo del tipo de barrica (**Figura 17** de Anexos). Durante los dos primeros meses de crianza, el contenido de este compuesto fue aumentando sin diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes vinos. Es en el tercer mes donde los vinos envejecidos en barricas de la especie *Q. petraea* (RFB y RFSM1) y de la especie *americana* *Q. alba* (RHA) alcanzan su máximo de concentración, con la consiguiente disminución de la misma en el mes 4. Sin embargo, para los vinos envejecidos en barricas de la especie *Q. petraea* (RFC, RFSM2) y de la especie europea *Q. robur* (REI), el máximo de concentración se alcanza en el mes 4. Este compuesto tiene un UPO cercano a 5 µg/L (McKay et al., 2019) y está relacionado con descriptores como melocotón, albaricoque y fruta tropical. No es hasta el tercer mes de crianza cuando todos los vinos superan este UPO y este compuesto repercute perceptiblemente en el aroma final de los vinos. La mayor presencia en RFB, RFSM1 y RAH sugiere una mayor capacidad extractiva de estas barricas o un mayor contenido precursor en el vino base.
- **Delta decalactona:** este compuesto mantuvo una concentración relativamente constante en todas las muestras y a lo largo del tiempo, sin llegar a superar el rango de concentración comprendido entre 7-10 µg/L (**Figura 18** de Anexos). Todas las barricas mostraron niveles similares, con ligeras variaciones sin diferencias estadísticas significativas. Este compuesto presenta UPO en torno a 5–8 µg/L y está asociado a descriptores como crema, dulce (McKay et al., 2019). La estabilidad observada sugiere que se encuentra en equilibrio entre su cesión desde la madera y

su transformación en otros compuestos. Aunque su aporte es probablemente secundario en intensidad, podría contribuir al fondo aromático del vino y reforzar otras notas frutales en interacción con lactonas similares.

Por último, las barricas *Q. petraea* nuevas y segundo uso, RFSM1 y RFSM2, respectivamente, siguieron tendencias diversas. Para el isómero cis, la concentración fue mayor en el caso de RFSM1, al igual que en el caso del isómero trans, la gamma decalactona y la gamma octalactona. Sin embargo, para las lactonas gamma nona lactona y delta decalactona, apenas hubo diferencias apreciables entre usos de barricas, con concentraciones muy similares.

Aldehídos y cetonas fenólicas

Estos compuestos se originan por la degradación térmica de la lignina presente en la madera durante el proceso de tostado de la misma. La cetona estudiada ha sido la acetovanillona. Los aldehídos que se han estudiado han sido: vainillina, siringaldehído, benzaldehído y fenilacetaldehído.

- **Vainillina:** el mayor aporte de vainillina de la madera al vino tuvo lugar en el cuarto mes de crianza, a excepción de los vinos envejecidos en las barricas de RFB y RFSM1, donde el aporte más elevado ocurrió al tercer mes de envejecimiento (**Figura 19** de Anexos). El máximo de concentración de este compuesto se registró en la bodega de la especie americana (RHA) en el último mes de crianza, siendo estadísticamente significativo respecto al resto de vinos. Otros autores han observado ese aumento con el tiempo (Cerdán et al., 2002, Gombau et al., 2022b). Sin embargo, contrariamente a lo que se observa en este estudio Gombau et al., 2022b observaron mayor contenido en los vinos envejecidos en *Q. petraea* que en *Q. alba*. El UPO de la vainillina es de 1000 µg/L con descriptores como vainilla (**Tabla 2**). En ningún caso se obtiene una concentración que exceda este UPO, de manera que la vainillina no influye directamente en el aroma final de los vinos, aunque esta puede estar potenciada por el resto de los aldehídos y de lactonas.
- **Siringaldehído:** el contenido de siringaldehído experimentó un incremento notable a lo largo de la crianza, alcanzando sus valores más altos en el cuarto mes, en todos los vinos (**Figura 20** de Anexos). Las concentraciones más elevadas se encontraron en los vinos procedentes de las barricas RAH (957 µg/L (*Q. alba*) y RFC (X µg/L) (*Q. petraea*), siendo estadísticamente superiores al resto. Por el contrario, los vinos envejecidos en barricas RFSM2 y REI presentaron concentraciones bajas durante toda la crianza, lo que podría deberse a una menor cesión desde la madera. Este aldehído fenólico se asocia a descriptores sensoriales como vainilla y su UPO es de

50000 µg/L. Pese a los elevados niveles observados en RAH y RFC no logran superar el UPO y no contribuyen directamente al perfil aromático de los vinos.

- **Benzaldehído:** el mayor aporte de este compuesto al vino tuvo lugar en el primer mes de crianza (**Figura 21** de Anexos). En la mayoría de los vinos, su concentración continuó aumentando hasta el segundo mes, momento en el que se alcanzó el valor máximo, seguido de un descenso. La excepción fue el vino envejecido en barrica RHA (*Q. alba*), donde la concentración comenzó a disminuir ya desde el segundo mes. Los niveles oscilaron en un rango de 3 a 7 µg/L. Este compuesto se asocia a notas de almendra amarga, cereza y frutos secos, y su UPO es de 1.5–3 µg/L (McKay et al., 2019), por lo que en todos los casos repercute perceptiblemente en el aroma final del vino. La estabilidad observada sugiere que su formación no depende tanto del contacto con la madera como de reacciones internas del vino, como la degradación de aminoácidos aromáticos.
- **Fenilacetaldéhído:** el mayor concentración de este compuesto se alcanza en el último mes de envejecimiento en todos los casos a excepción del vino envejecido en la barrica de roble francés (*Q. petraea*) de primer uso RFSM1, donde la mayor concentración tuvo lugar en el tercer mes de crianza (**Figura 22** de Anexos). En cuanto a la tendencia seguida a lo largo del envejecimiento, se observa un patrón claro de aumento de la concentración a medida que avanza la crianza. Este aldehído aromático, producto de la degradación de la fenilalanina, se asocia a descriptores como rosa, miel y floral, con un umbral de percepción olfativa de 5–10 µg/L. Todos los vinos superan este UPO de manera que este compuesto contribuye de manera clara y perceptible al aroma del vino durante todo el periodo de crianza. La alta concentración alcanzada en todas las muestras al final del proceso sugiere una acumulación progresiva, posiblemente favorecida por condiciones oxidativas moderadas o una elevada actividad enzimática.
- **Acetovanillona:** esta cetona fenólica experimenta su mayor aporte al vino en el último mes de envejecimiento (**Figura 23** de Anexos). Se observa una tendencia creciente en cuanto a concentración a lo largo de la crianza en todos los casos, excepto para el vino envejecido en la barrica RFC (*Q. petraea*), donde el vino presentó una concentración prácticamente constante hasta el último mes de crianza, donde su concentración aumentó significativamente. La concentración máxima se ha registrado en la barrica REI (*Q. robur*). En el estudio reportado por Cerdán et al., 2002, el pico máximo de concentración de este compuesto se obtuvo a los 10 meses de crianza, disminuyendo en lo sucesivo. Esto pone de manifiesto nuevamente que el breve periodo de crianza llevado a cabo en este estudio no permite establecer patrones claros en cuanto a tendencias seguidas por los compuestos aromáticos en las distintas barricas de estudio. El UPO de este compuesto es de 1000 µg/L (**Tabla**

2) con descriptores como la vainilla. En ningún caso se supera esta concentración y por tanto la acetovanillona no contribuye directamente al aroma del vino.

La comparativa entre los usos de las barricas de la tonelería Saint Martin refleja en el caso de la vainillina y del siringaldehído que la concentración extraída de la madera es superior en la barrica de roble francés (*Q. petraea*) nueva – RFSM1 – que en la de segundo uso – RFSM2 – concordando con lo esperado según la bibliografía consultada (Cerdán et al., 2002; Del Alamo-Sanza et al., 2000; Gómez-Plaza et al., 2004). En cambio, se extrae más concentración de los compuestos acetovanillona, benzaldehído y fenilacetaldehído en el caso de la barrica usada.

D. Análisis sensorial

Cata escalar

En la **Tabla 6** de Anexos se recogen los resultados estadísticos obtenidos. Los atributos se han clasificado en tres fases; visual, olfativa y gustativa. Además, se han representado los valores asignados a cada atributo en gráficos radar, mostrados en la **Figura 24** de Anexos.

En primer lugar, en la fase visual, no se observan diferencias significativas en los tonos azules y teja, pero sí en los tonos rojos y en la intensidad de color. La intensidad de color del vino, determinada por los compuestos fenólicos, mostró diferencias significativas entre las seis muestras. RFSM2 presentó la menor intensidad, seguido de RFB, RAH y REI, mientras que RFC y RFSM1 alcanzaron los valores más altos sin diferencias significativas; un patrón similar se observó en las tonalidades rojas. No obstante, los datos analíticos indican que RFSM1 presentó la menor intensidad, tonalidad y componente rojo, en contraste con la percepción sensorial del panel. Esta discrepancia podría deberse a que, aunque las barricas nuevas suelen aportar más color, factores como la crianza y la evolución del vino pueden modificar cómo se perciben estos atributos.

En la fase olfativa, se encuentran diferencias significativas para los parámetros de intensidad olfativa, frutal, vegetal, madera, tostado, coco y vainilla. El vino envejecido en la especie americana (*Q. alba*, RHA) fue el que se percibió por parte del panel con mayor intensidad olfativa y con mayor presencia de coco y vainilla. Esto concuerda con los resultados analíticos obtenidos. La cis-Whisky lactona es la responsable del atributo coco en los vinos (**Tabla 2**), siendo muy característico de la especie americana y que en este caso particular el vino RHA presentó una concentración final de este compuesto muy por encima del UPO (**Figura 13** de Anexos). El atributo vainilla está influenciado

significativamente por la presencia de la vainillina (**Tabla 2**). De nuevo, la concentración final de vainillina que presentó este vino excedió su UPO (**Figura 19** de Anexos) y fue significativamente superior al resto de vinos, de ahí que el panel percibiera ambos atributos especialmente en este vino. La sinergia entre la presencia de estos dos atributos en el vino RHA hace pensar que los catadores correlacionaron positivamente estos descriptores con la intensidad olfativa del vino final, de ahí que de nuevo percibieran más intensidad olfativa en el vino de la especie americana. Para el caso del atributo tostado, pese a que todas las barricas presentan un tostado medio, se observan diferencias significativas, y el panel aprecia más tostado en el caso del vino envejecido en RFC (*Q. petraea*). De igual manera ocurre con el atributo madera, la mayor precepción del mismo tuvo lugar en este vino. Esto sugiere que la interacción específica entre la especie de roble, el tostado y la extracción durante la crianza potencia la percepción sensorial de estos atributos. Los atributos frutal y vegetal se perciben significativamente más en el caso del vino envejecido en RFB (*Q. petraea*). La presencia de isoeugenol en el vino proporciona notas de flores y clavo (**Tabla 2**), sin embargo, una posible explicación es que la barrica RFC preserva en mayor medida los aromas varietales de la uva, lo que justificaría la percepción más marcada de matices vegetales por parte del panel.

Finalmente, en la fase gustativa, únicamente se observaron diferencias significativas para el atributo de volumen/cuerpo. Este atributo recibe los mayores valores en los vinos envejecidos en RFB, RHA y REI. Estos tres vinos están envejecidos en tres especies distintas de roble, *Q. petraea*, *Q. alba* y *Q. robur*, respectivamente. En el caso de REI, la percepción de volumen en boca se alinea con el mayor contenido en elagitaninos de esta especie, tal y como se ha mencionado con anterioridad. Sin embargo, la especie *Q. alba* se caracteriza por un bajo contenido en los mismos, algo que no se constata con lo apreciado por el panel.

Cata de preferencia

En la cata de preferencia realizada por el mismo panel de catadores, el vino envejecido en barrica de roble americano (RAH, *Quercus alba*) fue el más valorado, obteniendo un 77% de elecciones (véase **Figura 25** de Anexos). Le siguieron los vinos envejecidos en roble francés de primer uso (RFC y RFB, *Q. petraea*) con un 13% y 7% de preferencia, respectivamente, y el vino en roble francés nuevo (RFSM1, *Q. petraea*) con un 3%. Por su parte, el vino procedente de roble europeo (*Q. robur*, REI) no fue seleccionado por ningún catador. Estos resultados evidencian que el aporte sensorial del roble americano es el más apreciado dentro del panel, mientras que la falta de aceptación del roble

europeo coincide con la tendencia descrita en la literatura, donde se observa una disminución en su utilización para crianza (Feng et al., 2024; Gombau et al., 2022b).

5. CONCLUSIONES

Tras el análisis de los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- Los parámetros enológicos básicos de los vinos no experimentaron modificaciones estadísticamente significativas durante los cuatro meses de crianza, independientemente del tipo de bodega empleada.
- Tras cuatro meses de crianza, todos los vinos presentaron pérdidas en el contenido polifenólico (IPT) y en la intensidad de color (IC), junto con un aumento en la tonalidad. *Quercus alba* fue la especie de roble que más conservó los tonos azules en el vino final. Asimismo, se constató una correlación en los resultados cromáticos obtenidos por el método de Glories y por el método CIELab.
- En relación a la composición aromática, se observaron diferencias en los vinos asociadas a la especie de roble utilizada. El roble francés (*Q. petraea*) favoreció la presencia de determinados compuestos fenólicos, destacando el guayacol, siringol, isoeugenol y 4-alilsiringol, lo que se tradujo en vinos con mayor percepción de notas de madera y tostado. El roble *Q. robur* mostró una cesión más limitada de compuestos volátiles, con un menor impacto aromático. Por su parte, el roble americano (*Q. alba*) se caracterizó por un aporte aromático significativamente más elevado, tanto a nivel químico como sensorial, debido a la mayor concentración de lactonas, vainillina, isoeugenol y derivados furánicos, que le confirieron un perfil aromático más intenso y distintivo.
- La comparativa entre barricas de diferentes usos, pero pertenecientes a la misma especie (*Q. petraea*), tonelería (Saint Martin) y grado de tostado (medio), mostró comportamientos distintos en función de la familia de compuestos aromáticos. De forma general, la cesión de compuestos aromáticos entre barricas nuevas y de segundo uso fue similar.
- De acuerdo con los resultados obtenidos de la cata escalar y de preferencia, el vino envejecido en bodega *Quercus alba* (RHA) obtuvo la mayor aceptación por parte del panel de catadores, destacando en atributos como la intensidad olfativa, coco y vainilla. En contraste, el vino envejecido en barricas de *Quercus robur* fue percibido como el más pobre desde el punto de vista aromático, y no fue seleccionado en la prueba de preferencia, si bien destacó en el atributo “cuerpo”, probablemente relacionado con su mayor contenido en elagitaninos.

Los hallazgos de este estudio proporcionan pautas para optimizar la crianza de los vinos. Priorizar el uso de la especie *Quercus alba* y las barricas nuevas permitirá potenciar el impacto aromático, el equilibrio sensorial y la aceptación de los vinos finales por parte del consumidor, mientras que períodos de crianza más largos serán necesarios para diferenciar y aprovechar plenamente las características de cada especie de roble. La información obtenida puede guiar decisiones enológicas sobre la elección del tipo de madera, la planificación de los periodos de envejecimiento y ajustes en el estilo de los vinos, asegurando productos con identidad definida y atractivo para los consumidores.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Cadahía, E., & Fernández de Simón, B. (2003). Volatile compounds in Spanish, French and American oak woods after natural seasoning and toasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5923–5932.
- Cerdán, T. G., Goñi, D. T., & Azpilicueta, C. A. (2002). Changes in the concentration of volatile oak compounds and esters in red wine stored for 18 months in re-used French oak barrels. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 8(2), 140–145. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2002.tb00223.x>
- Chira, K., & Teissedre, P. L. (2015). Chemical and sensory evaluation of wine matured in oak barrel: effect of oak species involved and toasting process. *European Food Research and Technology*, 240(3), 533–547. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2352-3>
- Del Alamo-Sanza, M., Bernal Yagüe, J. L., & Gómez-Cordovés de la Vega, C. (2000). Influencia de la especie del roble de barricas nuevas y usadas en el envejecimiento de un vino tinto de la D. O. Ribera del Duero. *Food Science and Technology International*.
- Del Alamo-Sanza, M., Cárcel, L. M., & Nevares, I. (2017a). Characterization of the oxygen transmission rate of oak wood species used in cooperage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(3), 648–655. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05188>
- Del Alamo-Sanza, M., Cárcel, L. M., & Nevares, I. (2017b). Characterization-Oxygen-Transmission-Rate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 648655. <https://doi.org/https://doi.org/10.102/acs.jafc.6b05188>
- Del Fresno, J. M., Morata, A., Loira, I., Escott, C., & Suárez Lepe, J. A. (2020a). Evolution of the Phenolic Fraction and Aromatic Profile of Red Wines Aged in Oak Barrels. *ACS Omega*, 5(13), 7235–7243. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03854>
- Del Fresno, J. M., Morata, A., Loira, I., Escott, C., & Suárez Lepe, J. A. (2020b). Evolution of the Phenolic Fraction and Aromatic Profile of Red Wines Aged in Oak Barrels. *ACS Omega*, 5(13), 7235–7243. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03854>

- Feng, Z., Martínez-Lapuente, L., Landín Ross-Magahy, M., Higuera, M., Ayestarán, B., & Guadalupe, Z. (2024). The Influence of *Quercus alba* Geographical Location and Aging Time on the Chemical and Sensory Quality of Tempranillo Wines. *Molecules*, 29(18). <https://doi.org/10.3390/molecules29184432>
- Fernández De Simón, B., Cadahía, E., & Jalocha, J. (2003). Volatile Compounds in a Spanish Red Wine Aged in Barrels Made of Spanish, French, and American Oak Wood. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(26), 7671–7678. <https://doi.org/10.1021/jf030287u>
- Fonction De L', E. N., De, I., Chatonnet, B. P., Boidron, J. N., & Pons, M. (1989). Connaissance de la Vigne INCIDENCE DU TRAITEMENT THERMIQUE DU BOIS DE CHÊNE SUR SA COMPOSITION CHIMIQUE 2e Partie: ÉVOLUTION DE CERTAINS COMPOSÉS. In *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* (Vol. 23).
- Garde-Cerdán, T., & Ancín-Azpilicueta, C. (2006). Review of quality factors on wine ageing in oak barrels. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 17, Issue 8, pp. 438–447). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.01.008>
- Glories, Y. (1984). *LA COULEUR DES VINS ROUGES 2° Partie MESURE, ORIGINE ET INTERPRETATION* (Vol. 18).
- Gombau, J., Cabanillas, P., Mena, A., Pérez-Navarro, J., Ramos, J., Torner, A., Fort, F., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Canals, J. M., & Zamora, F. (2022a). Comparative study of volatile substances and ellagitannins released into wine by *Quercus pyrenaica*, *Quercus petraea* and *Quercus alba* barrels. *Oeno One*, 56(3), 233–245. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.3.5551>
- Gombau, J., Cabanillas, P., Mena, A., Pérez-Navarro, J., Ramos, J., Torner, A., Fort, F., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Canals, J. M., & Zamora, F. (2022b). Comparative study of volatile substances and ellagitannins released into wine by *Quercus pyrenaica*, *Quercus petraea* and *Quercus alba* barrels. *Oeno One*, 56(3), 233–245. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.3.5551>
- Gómez-Plaza, E., Pérez-Prieto, L. J., Fernández-Fernández, J. I., & López-Roca, J. M. (2004). The effect of successive uses of oak barrels on the extraction of oak-related volatile compounds from wine. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(10), 1069–1078. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00890.x>
- Jordão, A. M., & Cosme, F. (2022a). The Application of Wood Species in Enology: Chemical Wood Composition and Effect on Wine Quality. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app12063179>
- Jordão, A. M., & Cosme, F. (2022b). The Application of Wood Species in Enology: Chemical Wood Composition and Effect on Wine Quality. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app12063179>

- Jordão, A. M., Ricardo-Da-Silva, J. M., Laureano, O., Adams, A., Demyttenaere, J., Verhé, R., & De Kimpe, N. (2006). Volatile composition analysis by solid-phase microextraction applied to oak wood used in cooperage (*Quercus pyrenaica* and *Quercus petraea*): Effect of botanical species and toasting process. *Journal of Wood Science*, 52(6), 514–521. <https://doi.org/10.1007/s10086-005-0796-6>
- Lu, H., Cheng, B., Lan, Y., Duan, C., & He, F. (2024a). Modifications in aroma characteristics of ‘Merlot’ dry red wines aged in American, French and Slovakian oak barrels with different toasting degrees. *Food Science and Human Wellness*, 13(1), 381–391. <https://doi.org/10.26599/FSHW.2022.9250032>
- Lu, H., Cheng, B., Lan, Y., Duan, C., & He, F. (2024b). Modifications in aroma characteristics of ‘Merlot’ dry red wines aged in American, French and Slovakian oak barrels with different toasting degrees. *Food Science and Human Wellness*, 13(1), 381–391. <https://doi.org/10.26599/FSHW.2022.9250032>
- Martínez García, J. (2004). *Evolución Vinos Tempranillo*. Universidad de La Rioja.
- Martínez-Gil, A., Del Alamo-Sanza, M., Sánchez-Gómez, R., & Nevares, I. (2018). Different woods in cooperage for oenology: A review. In *Beverages* (Vol. 4, Issue 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/beverages4040094>
- Martínez-Gil, A. M., Del Alamo-Sanza, M., Del Barrio-Galán, R., & Nevares, I. (2022a). Alternative Woods in Oenology: Volatile Compounds Characterisation of Woods with Respect to Traditional Oak and Effect on Aroma in Wine, a Review. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app12042101>
- Martínez-Gil, A. M., Del Alamo-Sanza, M., Del Barrio-Galán, R., & Nevares, I. (2022b). Alternative Woods in Oenology: Volatile Compounds Characterisation of Woods with Respect to Traditional Oak and Effect on Aroma in Wine, a Review. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app12042101>
- McKay, M., Bauer, F. F., Panzeri, V., Mokwena, L., & Buica, A. (2019). Potentially Smoke Tainted Red Wines: Volatile Phenols and Aroma Attributes. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 40(2). <https://doi.org/10.21548/40-2-3270>
- Mosedale, J. R., Charrier, B., Crouch, N., Janin, G., & Savill, P. S. (1996). *Variation in the composition and content of ellagitannins in the heartwood of European oaks (Quercus robur and Q. petraea). A comparison of two French forests and variation with heartwood age.*
- Navarro, M., Kontoudakis, N., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Canals, J. M., Hermosín-Gutiérrez, I., & Zamora, F. (2018). Influence of the volatile substances released by oak barrels into a Cabernet Sauvignon red wine and a discolored Macabeo white wine on sensory appreciation by a trained panel. *European Food*

- Research and Technology*, 244(2), 245–258. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2951-x>
- Nixon, K. C. (2006). *Global and Neotropical Distribution and Diversity of Oak (genus Quercus) and Oak Forests*.
- Pérez-Coello, M. S., González-Viñas, M. A., García-Romero, E., Cabezudo, M. D., & Sanz, J. (2000). *Chemical and sensory changes in white wines fermented in the presence of oak chips*. <https://academic.oup.com/ijfst/article/35/1/23/7912900>
- Pichler, A., Ivić, I., Mesić, J., Drenjančević, M., Kujundžić, T., Marković, T., & Kopjar, M. (2024). Aroma Profile of Merlot Red Wine Stored in Stainless-Steel Tanks and Wooden Barrels with Different Toasting Methods. *Foods*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/foods13010045>
- Pomar García, M., García Fernández, M. J., & González Mendoza, L. A. (2006). Crianza de vinos tintos en barricas de roble. Evolución de parámetros tradicionales y su impacto sensorial. *Tecnología Del Vino*, 29, 67–70.
- Ross-Magahy, M. L., Martínez-Lapiente, L., Ayestarán, B., & Guadalupe, Z. (2025). Exploring the Influence of Toasting Levels, Grain Sizes, and Their Combination on the Volatile Profile of Tempranillo Red Wines Aged in Quercus petraea Barrels. *Molecules*, 30(6). <https://doi.org/10.3390/molecules30061293>
- Šučur, S., Čadež, N., & Košmerl, T. (2016). Volatile phenols in wine: Control measures of Brettanomyces/Dekkera yeasts. In *Acta Agriculturae Slovenica* (Vol. 107, Issue 2, pp. 453–472). University of Ljubljana. <https://doi.org/10.14720/aas.2016.107.2.17>
- Vivas, N. (2005). *Manual de tonelería* (Vol. 1).
- Vivas, N., Vivas De Gaulejac, N., Nonier, M. F., & Picard, M. (2019). Selecting Oakwood for cooperage based on the wood grain-meaning, methodology and consequences for ageing wine and spirits. *Revue Forestiere Francaise*, 71(2), 153–171. <https://doi.org/10.4267/2042/70626>

7. ANEXOS

7.1. Tablas de los anexos

Tabla 5. Ficha de cata escalar final

AUSENCIA (1 PUNTO) —————> MÁXIMA PRESENCIA (5 PUNTOS)	
MUESTRA	
	1 2 3 4 5 1 2 3 4 5 1 2 3 4 5
Visual	
Intensidad Color	
Tonos rojos	
Tonos azulados	
Tonos tejas	
Olfativo	
Intensidad olfativa	
Frutal (frutos rojos y frutos negros)	
Vegetal (hierba cortada, heno, pimienta verde)	
Madera	
Tostados/ahumados	
Coco	
Vainilla	
Chocolate, café	
Especiados (clavo, pimienta)	
Frutos secos (almendra, nuez, avellana)	
Oxidado (fruta pasa, acetaldehído)	
Fenolado (cuero, establo, farmacia)	
Sucio (trapo mojado, humedad)	
Complejidad	
En boca	
Acidez	
Amargor	
Astringencia	
Volumen/cuerpo	
Persistencia	

Tabla 6. *Parámetros enológicos básico a la largo de 4 meses de crianza en las distintas barricas de roble*

Parámetro	Tiempo	RFC	RFB	RFSM1	RFSM2	RAH	REI
Grado alcohólico (% v/v)	1	14.75±0.042 A a	14.72±0.057 A a	14.75±0.028 A a	14.73±0.014 A a	14.74±0.071 A a	14.78±0.014 A a
	2	14.77±0.014 A a	14.73±0.042 A a	14.74±0 A a	14.7±0.099 A a	14.74±0.071 A a	14.74±0.042 A a
	3	14.69±0.099 A a	14.78±0.014 A a	14.64±0.212 A a	14.69±0.113 A a	14.72±0.057 A a	14.71±0.085 A a
	4	14.77±0.028 A a	14.78±0.057 A a	14.78±0.042 A a	14.77±0.028 A a	14.76±0.014 A a	14.77±0.014 A a
Acidez total (g/L)	1	4.85±0.042 A a	4.86±0 A a	4.83±0.099 A a	4.97±0.170 A a	4.84±0.028 A a	4.86±0.028 A a
	2	4.87±0.014 A a	4.88±0.028 A a	4.85±0.014 A a	4.81±0.085 A a	4.84±0.014 A a	4.84±0.028 A a
	3	4.84±0.042 A a	4.92±0.099 A a	4.83±0 A a	4.88±0.042 A a	4.81±0.099 A a	4.82±0.042 A a
	4	4.88±0.071 A a	4.86±0.057 A a	4.85±0.007 A a	4.88±0.028 A a	4.87±0.014 A a	4.86±0.057 A a
Acidez volátil (g/L)	1	0.50±0.014 A a	0.5±0.028 A a	0.47±0.057 A a	0.53±0 A a	0.53±0.057 A a	0.45±0.099 A a
	2	0.48±0.099 A a	0.5±0.014 A a	0.51±0.014 A a	0.49±0.014 A a	0.49±0.014 A a	0.51±0.028 A a
	3	0.48±0.057 A a	0.51±0.028 A a	0.5±0 A a	0.5±0.014 A a	0.53±0.028 A a	0.48±0.071 A a
	4	0.5±0.014 A a	0.51±0.014 A a	0.48±0.014 A a	0.5±0.0028 A a	0.49±0.042 A a	0.5±0.042 A a
pH	1	3.78±0.057 A a	3.79±0.028 A a	3.76±0.057 A a	3.85±0.085 A a	3.81±0.085 A a	3.79±0.028 A a
	2	3.84±0.184 A a	3.85±0.113 A a	3.88±0.127 A a	3.83±0.042 A a	3.87±0.184 A a	3.85±0.127 A a
	3	3.79±0.028 A a	3.81±0.085 A a	3.76±0.071 A a	3.78±0.014 A a	3.8±0.156 A a	3.81±0.085 A a
	4	3.85±0.141 A a	3.83±0.099 A a	3.88±0.184 A a	3.86±0.127 A a	3.88±0.226 A a	3.85±0.042 A a

RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Tabla 7. Índice de polifenoles totales (IPT) de los vinos a lo largo de 4 meses de crianza en las distintas barricas de roble

Parámetro	Tiempo	RFC	RFB	RFSM1	RFSM2	RAH	REI
IPT	1	78.05±0.14 BC A	78.48±0.25 C b	78.45±0.64 B a	74.78±2.58 A a	77.88±1.03 B a	78.4±1.27 B b
	2	77.55±0.7 A A	78.51±1.20 AB b	75.82±0.25 AB a	74.86±0.65 B a	76.62±0.54 A a	76.96±0.55 BC ab
	3	77.27±1.80 A A	76.73±0.39 A ab	75.86±3.37 A a	74.04±1.25 A a	75.77±0.62 A a	76.85±2.55 A ab
	4	75.8±0.07 A A	76.53±0.23 A a	72.54±3.47 A a	75.00±0.07 A a	75.81±1.90 A a	74.23±0.53 A a

RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Tabla 8. Intensidad de Colorante (IC) y Tonalidad de los vinos a lo largo de 4 meses de crianza en las distintas barricas de roble

Parámetro	Tiempo	RFC	RFB	RFSM1	RFSM2	RAH	REI
IC	1	15.89±0.02 A B	15.98±0.16 A a	16.05±0.13 A b	15.96±0.13 A b	16.04±0.24 A b	15.95±0.12 A b
	2	15.62±0.00 A Ab	15.54±0.13 A a	15.65±0.44 A ab	15.53±0.01 A a	15.45±0.28 A ab	15.75±0.18 A ab
	3	15.245±0.35 A A	15.78±0.42 A a	15.23±0.13 A a	15.55±0.14 A a	15.22±0.37 A a	15.16±0.40 A a
	4	15.35±0.09 AB A	15.40±0.11 B a	14.99±0.35 A a	15.33±0.08 AB a	15.38±0.05 AB ab	15.36±0.08 AB ab
Tonalidad	1	0,624±0,008 A A	0,627±0,006 A a	0,619±0,026 A a	0,638±0,012 A a	0,631±0,04 A a	0,633±0,001 A a
	2	0,661±0,046 A A	0,654±0,043 A a	0,658±0,047 A a	0,652±0,04 A a	0,651±0,04 A a	0,658±0,049 A a
	3	0,647±0,031 A A	0,647±0,032 A a	0,666±0,056 A a	0,648±0,033 A a	0,654±0,04 A a	0,654±0,04 A a
	4	0,647±0,031 A A	0,648±0,021 A a	0,632±0,05 A a	0,639±0,036 A a	0,648±0,018 A a	0,641±0,035 A a

RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Tabla 9 .Parámetros CIELab de los vinos a lo largo de 4 meses de crianza en las distintas barricas de roble

Parámetro	Tiempo	RFC	RFB	RFSM1	RFSM2	RAH	REI
a*	1	44.3±0.01 C b	44.69±0.41 C a	43.47±0.07 B b	44.43±0.28 C a	41.91±0.23 A a	43.51±0.04 B a
	4	43.29±0.23 AB a	43.85±0.12 CD a	42.97±0.11 A a	43.47±0.16 BC a	44.24±0.18 D b	43.71±0.28 BC a
b*	1	1.4±0.03 AB a	1.69±0.03 B a	1.64±0.03 C a	1.34±0.07 A a	1.26±0.09 A a	1.57±0.04 AB a
	4	2.62±0.17 A b	2.31±0.05 A b	2.52±0.05 A b	2.52±0.004 A b	2.31±0.22 A b	2.48±0.21 A b
L*	1	60.17±0.21 A a	66.01±0.09 B b	60.03±0.07 A a	60.24±0.34 A a	60.19±0.19 A a	60.2±0.11 A a
	4	60.13±0.17 AB a	59.96±0.16 AB a	60.56±0.09 B b	60.27±0.11 AB a	59.89±0.54 A a	59.87±0.05 A a
C*	1	44.75±0.72 B a	44.68±0.48 B a	43.91±0.58 B a	44.62±0.51 B a	42.07±0.43 A a	43.67±0.22 B a
	4	43.7±0.72 AB a	44.39±0.79 B a	42.11±1.19 A a	44.03±0.84 AB a	44.6±0.6 B b	43.91±0.48 AB a

RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

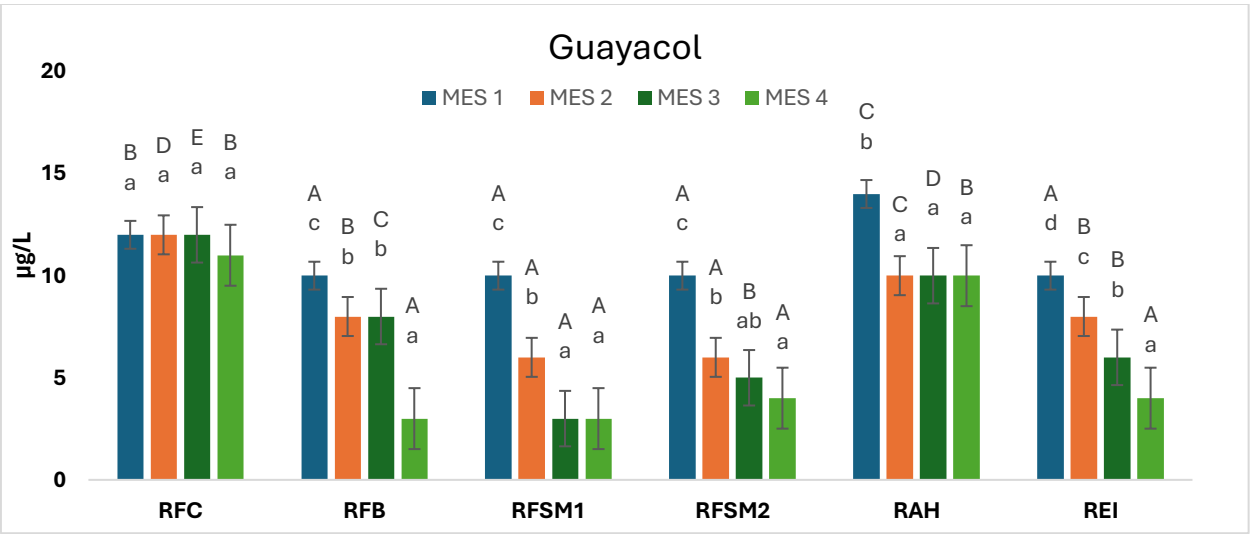
Tabla 10. Resultados estadísticos del ANOVA simple realizado para la cata de escala

	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS					
ATRIBUTOS	RFC	RFB	RFSM1	RFSM2	RAH	REI
FASE VISUAL						
Intensidad de color	B	AB	B	A	AB	AB
Tonos rojos	B	AB	AB	A	AB	AB
Tonos azules	A	A	A	A	A	A
Tonos teja	A	A	A	A	A	A
FASE OLFATIVA						
Intensidad olfativa	AB	AB	A	A	B	A
Frutal	AB	B	AB	A	AB	AB
Vegetal	AB	B	AB	AB	A	AB
Madera	C	ABC	AB	A	BC	AB
Tostado	B	AB	A	A	AB	A
Coco	A	A	A	A	B	A
Vainilla	A	A	A	A	B	A
Especiados	A	A	A	A	A	A
Frutos secos	A	A	A	A	A	A
Complejidad	A	A	A	A	A	A
FASE GUSTATIVA						
Acidez	A	A	A	A	A	A
Amargor	A	A	A	A	A	A
Astringencia	A	A	A	A	A	A
Volumen/cuerpo	AB	B	A	A	B	B
Persistencia	A	A	A	A	A	A
Equilibrio	A	A	A	A	A	A

La comparativa de todos los atributos reflejados en la tabla se expresa en letras mayúsculas. En las barricas donde hay letras iguales, para un determinado atributo, no existen diferencias significativas entre las mismas. Por el contrario, barricas con diferentes letras implica que hay diferencias significativas entre ellas para un atributo en concreto.

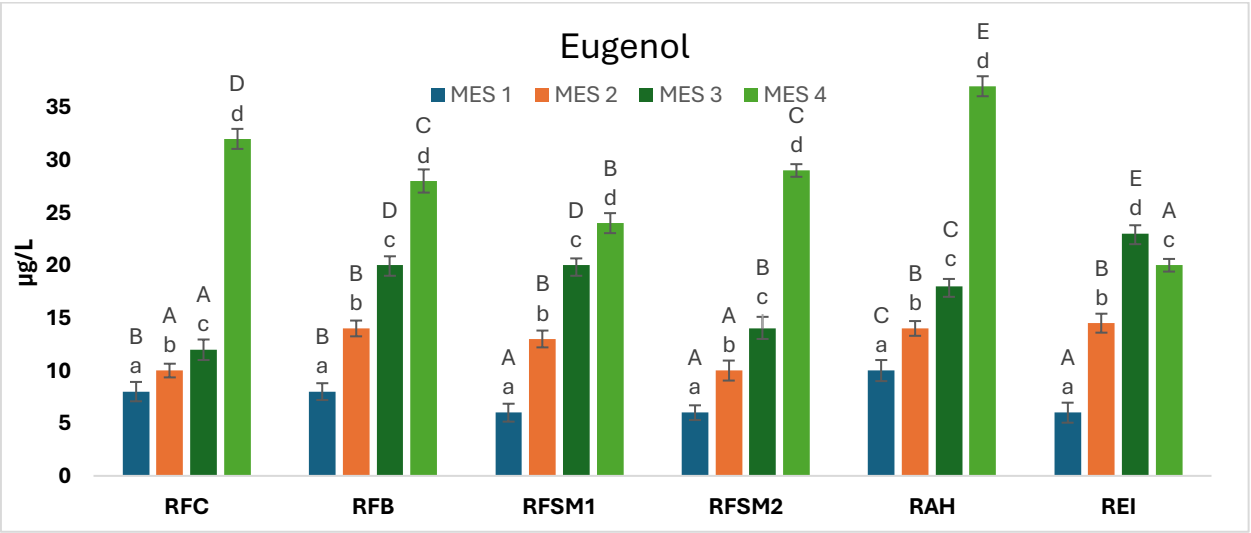
7.2. Figuras de los anexos

Figura 1. Evolución del guayacol en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



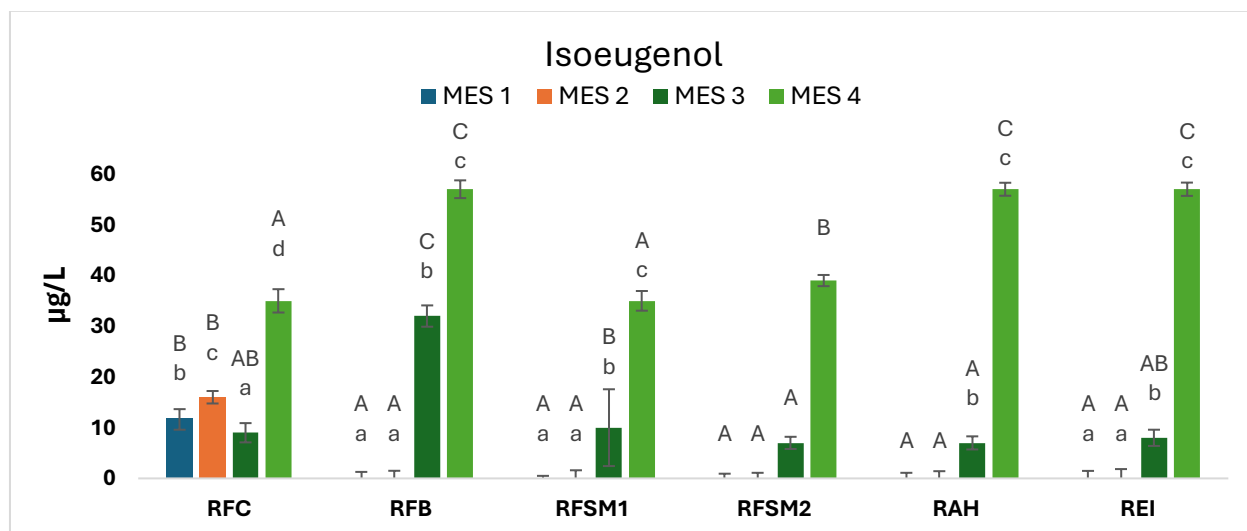
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 2. Evolución del eugenol en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



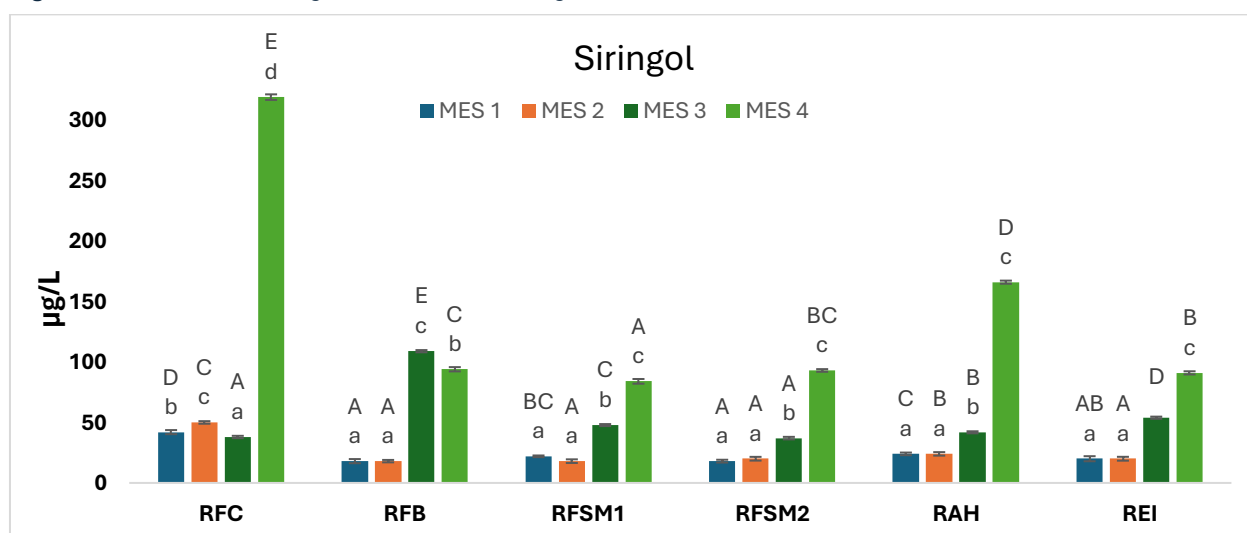
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 3. Evolución del isoeugenol en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



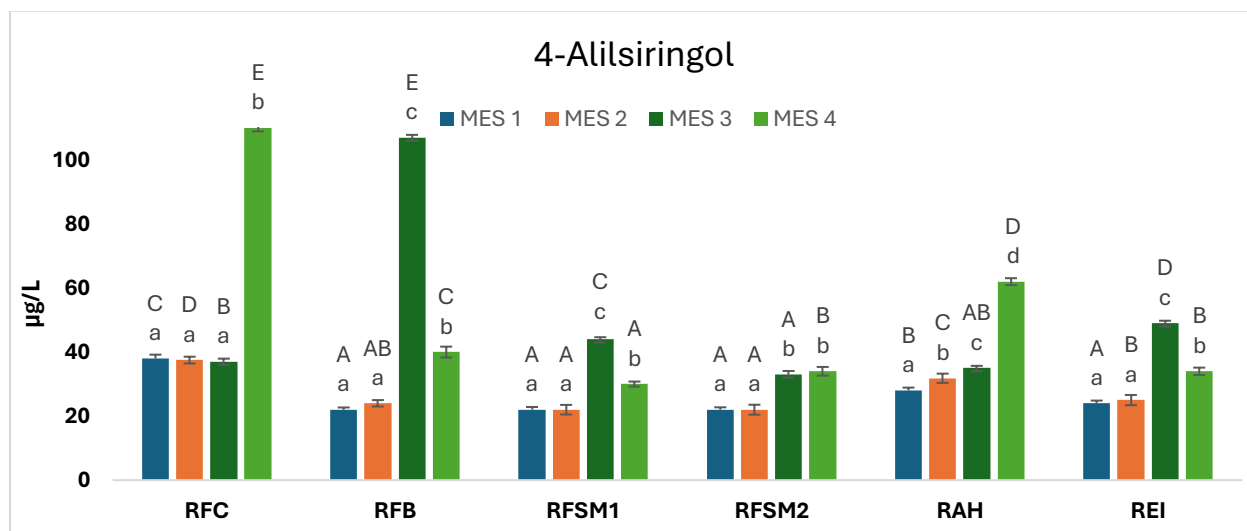
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 4. Evolución del siringol en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



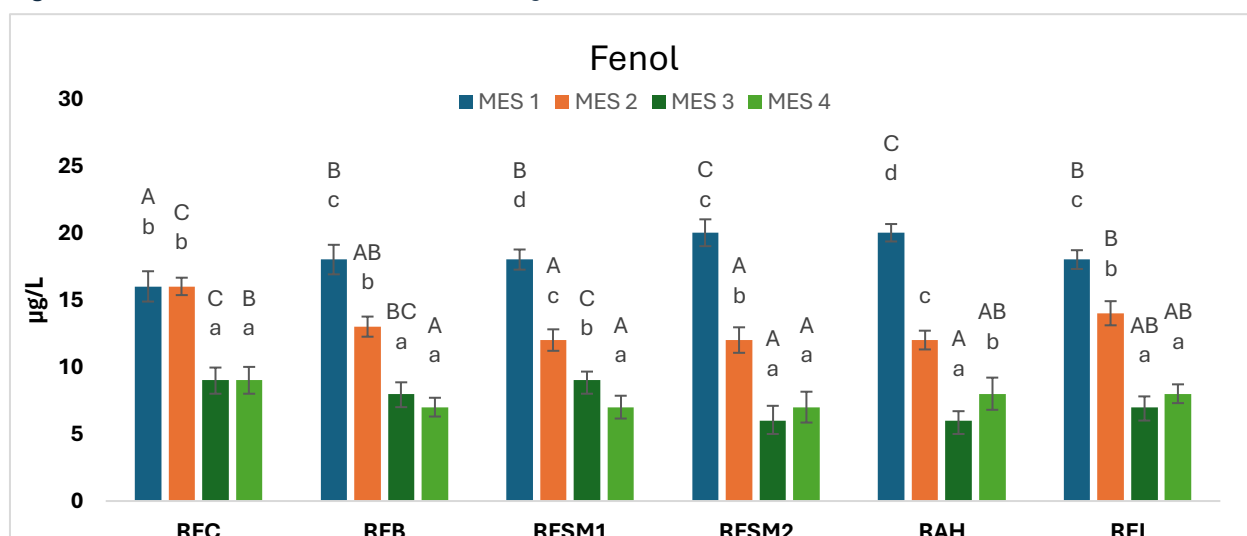
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 5. Evolución del 4-alilsiringol en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



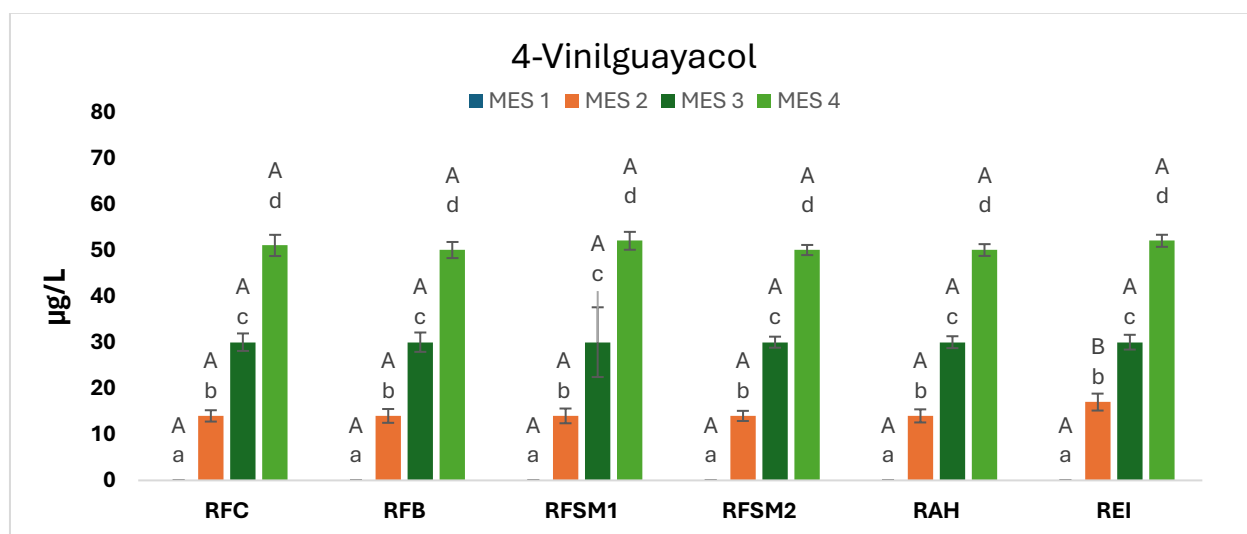
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 6. Evolución del fenol en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



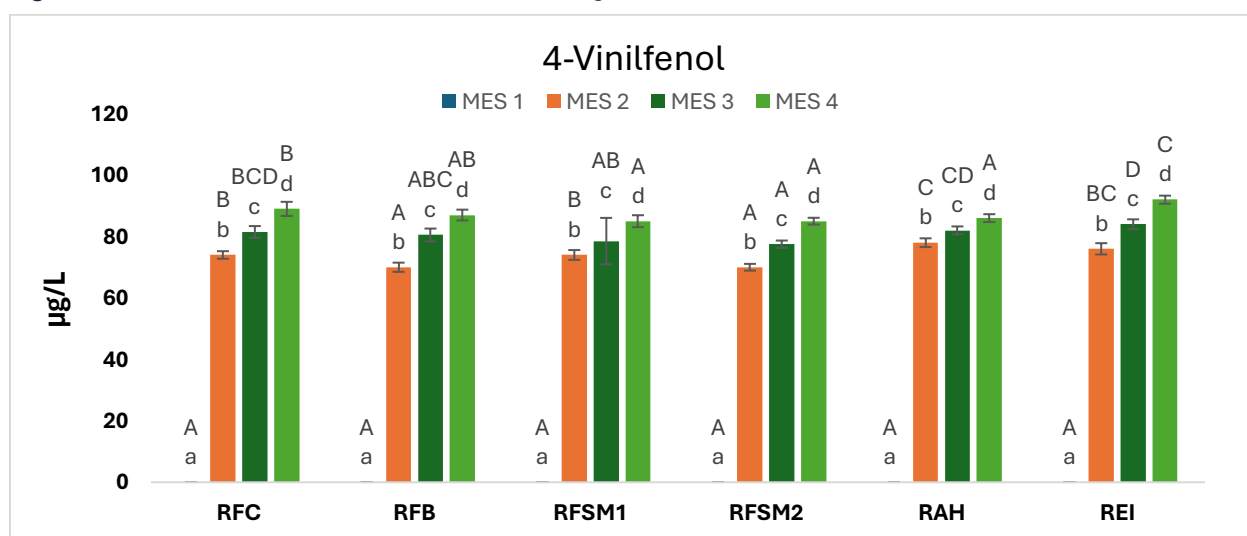
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 7. Evolución del 4-vinilguayacol en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



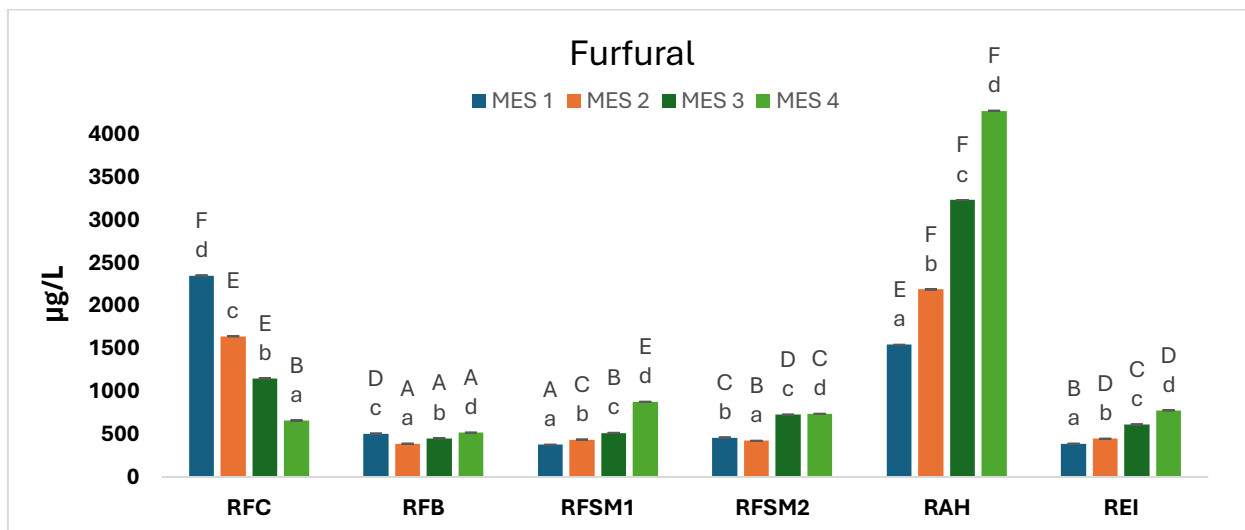
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 8. Evolución del 4-vinilfenol en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



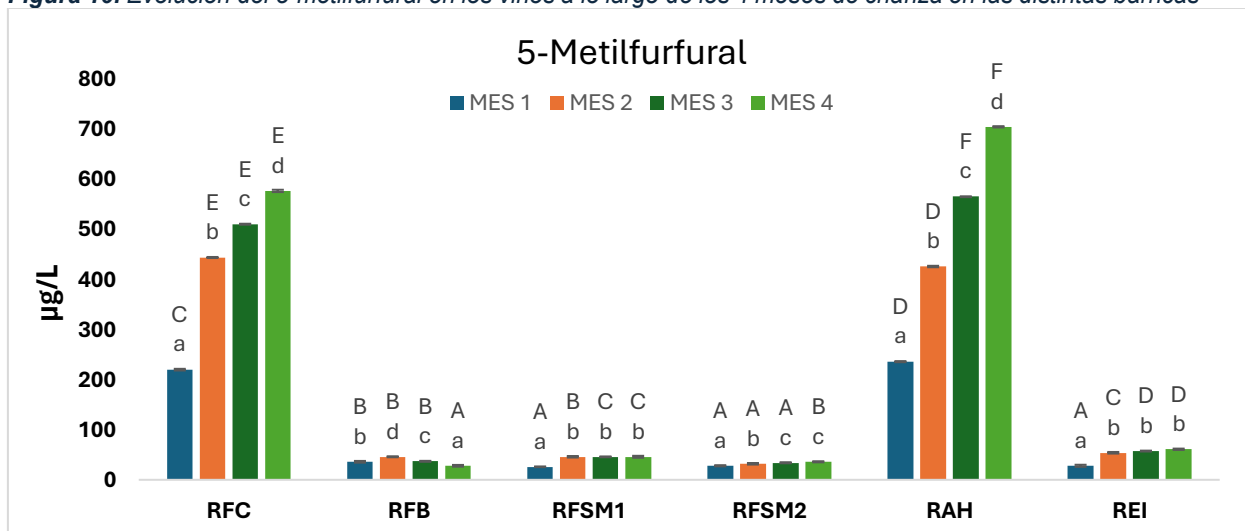
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 9. Evolución del furfural en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



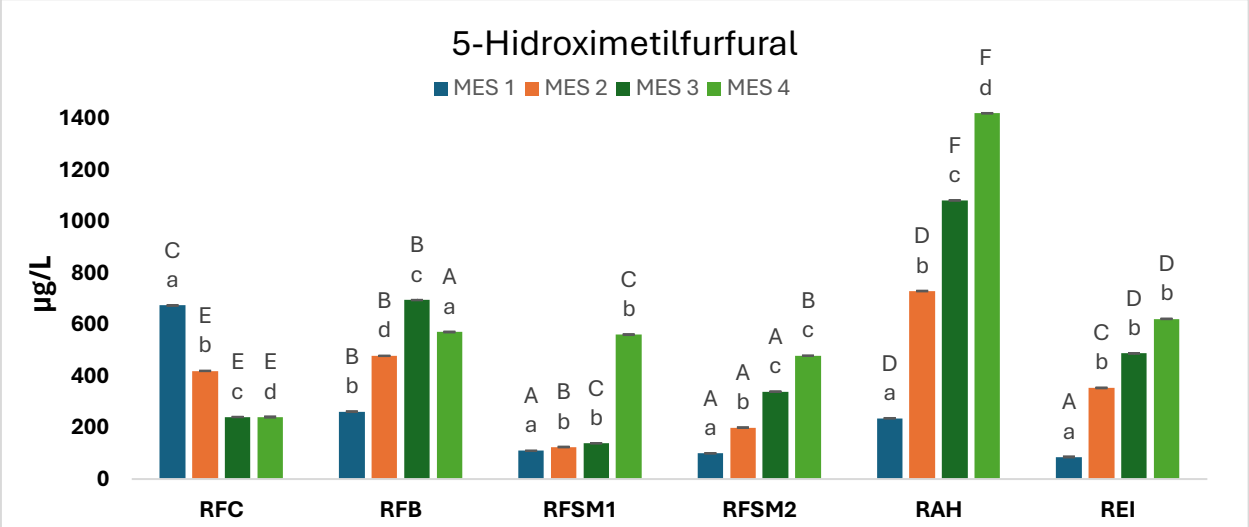
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 10. Evolución del 5-metilfurfural en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



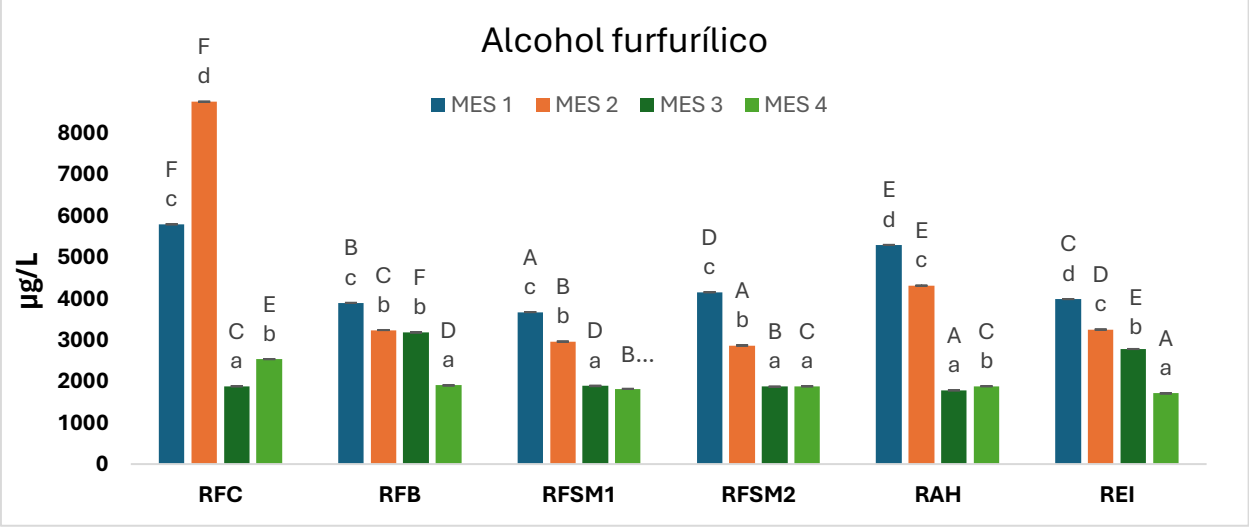
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 11. Evolución del 5-hidroximetilfurfural en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



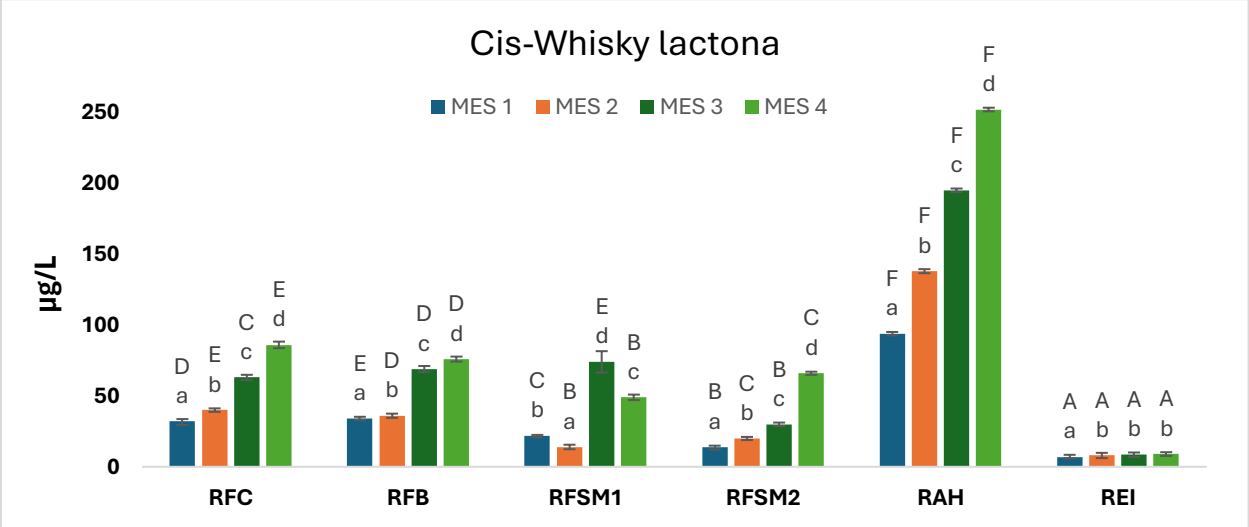
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 12. Evolución del alcohol furfurílico en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



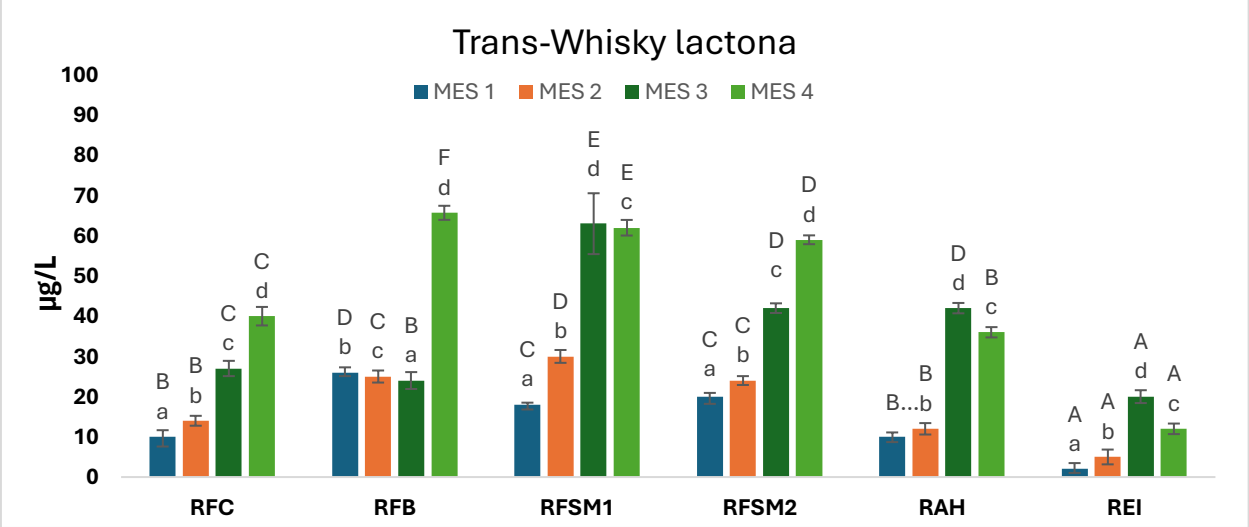
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 13. Evolución de la cis-whiskylactona en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



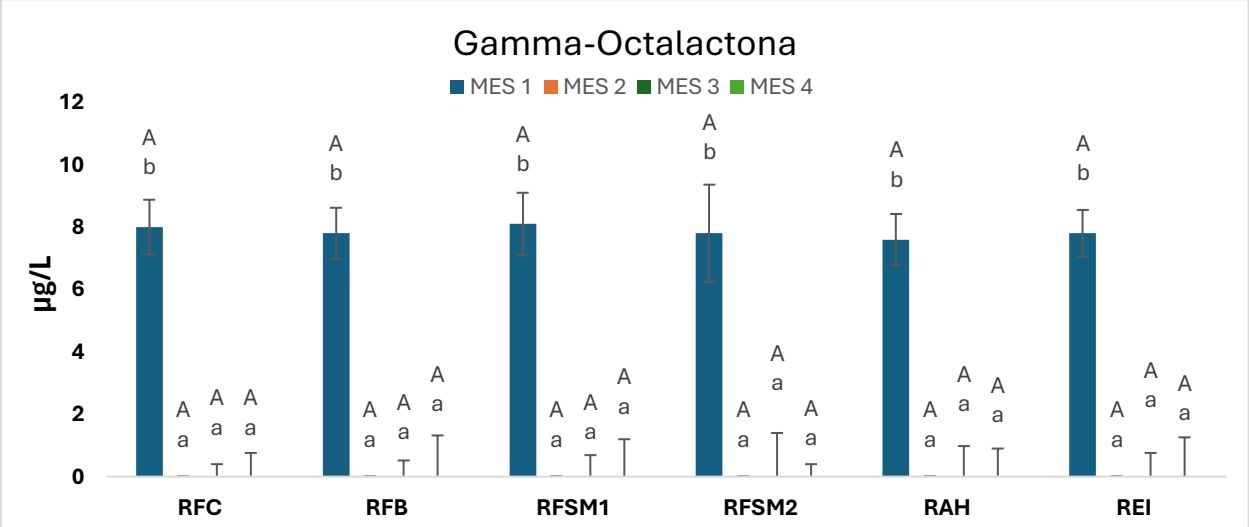
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 14. Evolución del trans-whiskylactona en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



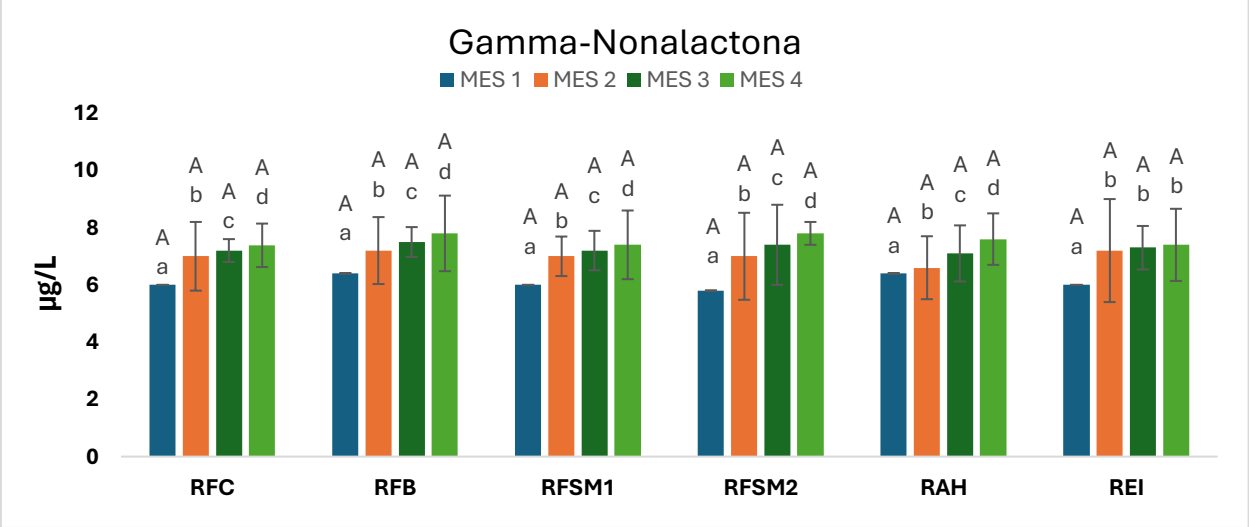
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 15. Evolución del gamma-octalactona en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



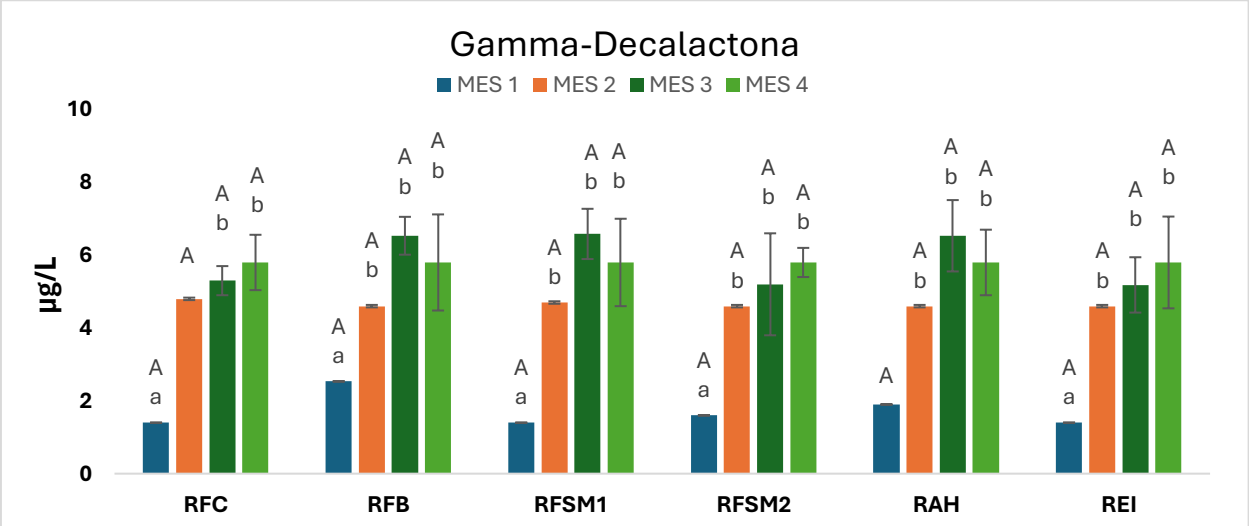
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 16. Evolución del gamma-nonolactona en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



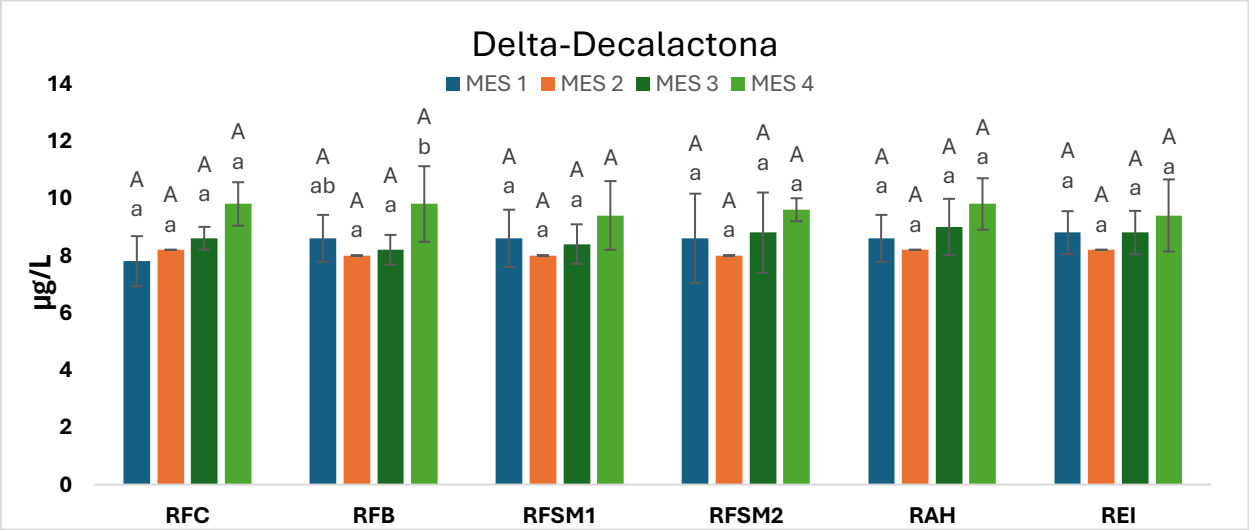
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 17. Evolución del gamma-decalactona en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



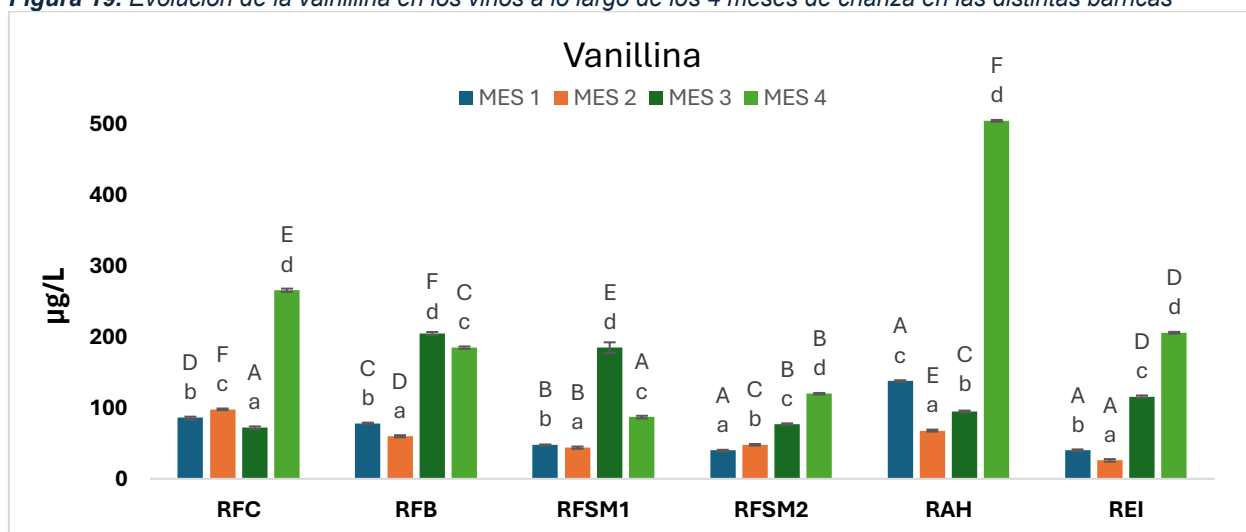
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 18. Evolución de la delta-decalactona en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



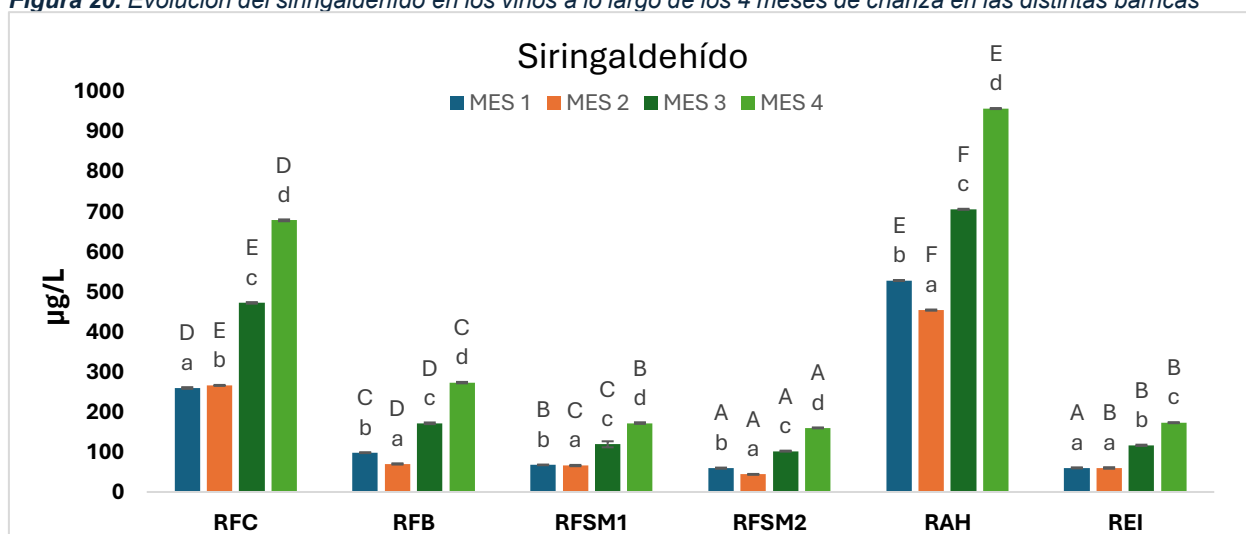
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 19. Evolución de la vainillina en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



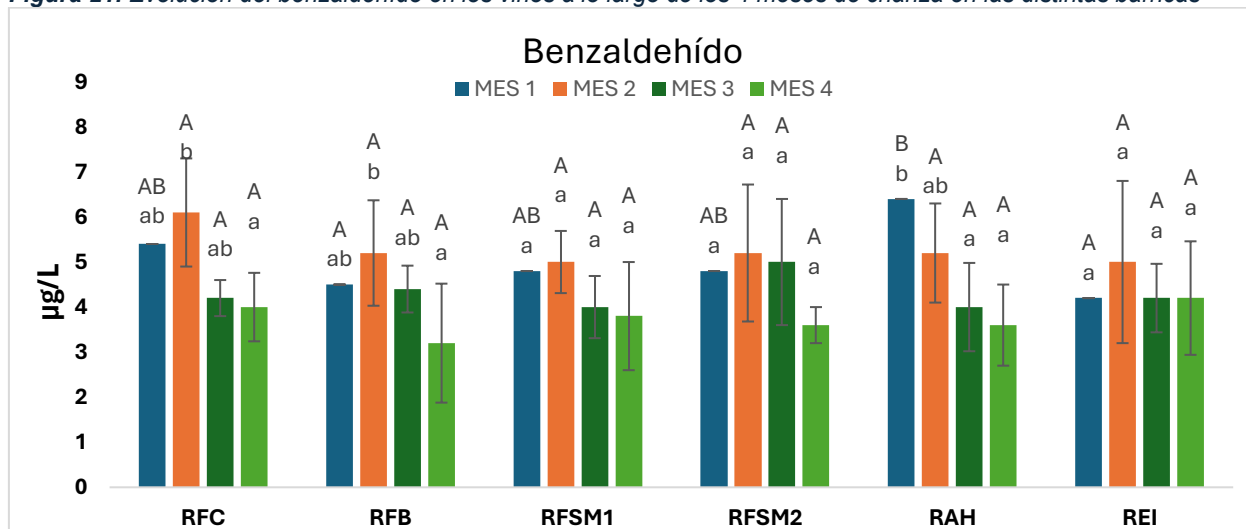
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 20. Evolución del siringaldehído en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



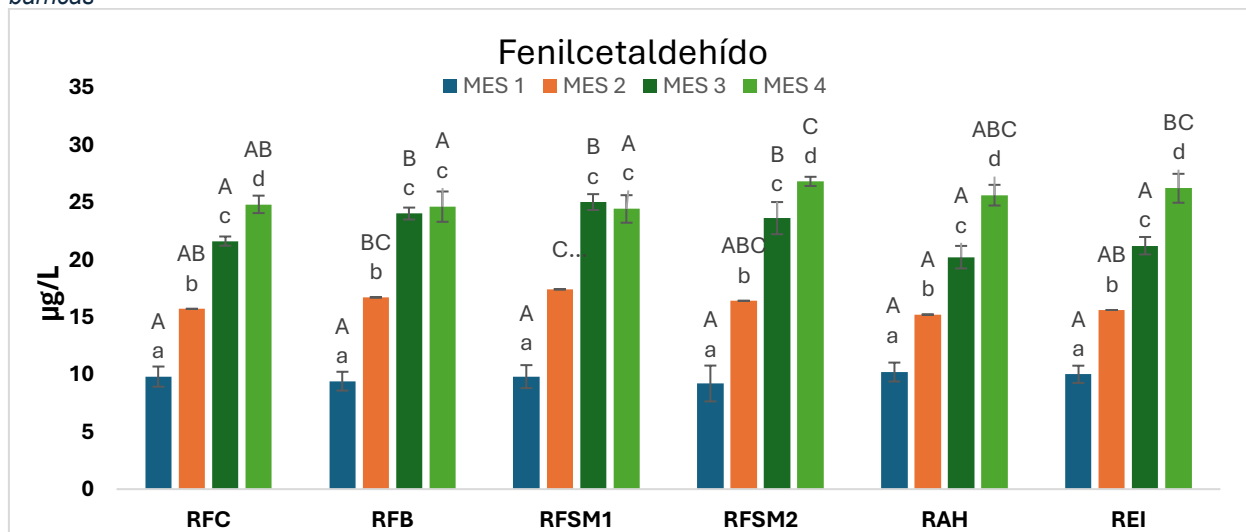
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 21. Evolución del benzaldehído en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



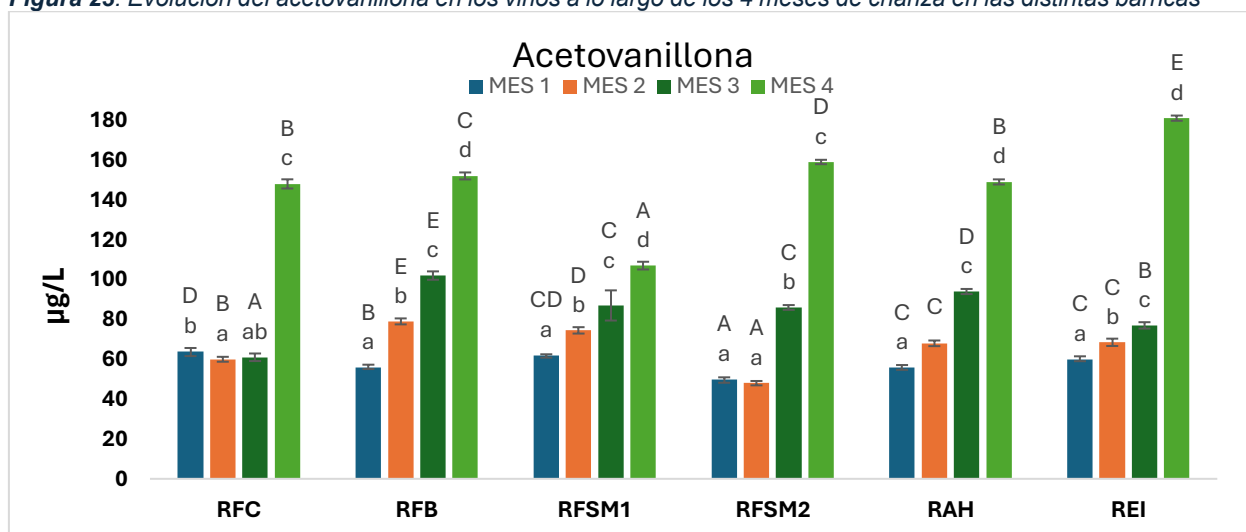
RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 22. Evolución del fenilacetaldéhído en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula.

Figura 23. Evolución del acetovanillona en los vinos a lo largo de los 4 meses de crianza en las distintas barricas



RFC: Roble Francés Chassin primer uso, RFB: Roble Francés Boutes primer uso, RFSM1: Roble Francés Saint Martin primer uso, RFSM2: Roble Francés Saint Martin segundo uso, RAH: Roble Americano Herfe primer uso y REI: Roble Europeo Intona primer uso). La comparativa de todas las barricas de estudio para un mismo mes se expresa con letra mayúscula, mientras que la comparativa para una barrica en concreto a lo largo de los cuatro meses de crianza se expresa con letra minúscula

Figura 2. Gráficos radar de la fase visual, olfativa y gustativa

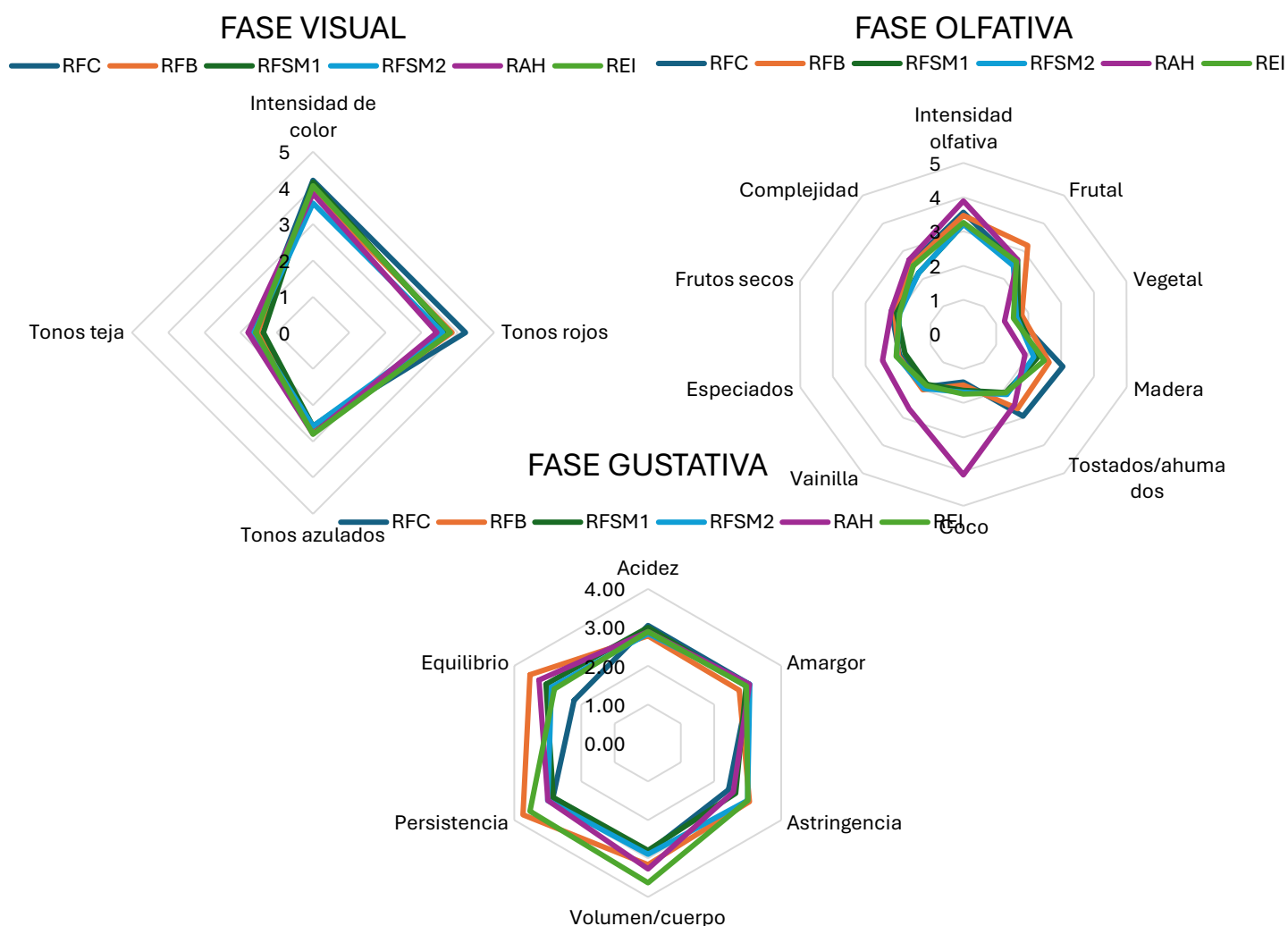


Figura 3. Gráfico de sectores de la cata de preferencia

