



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“INFLUENCIA DEL USO DE BARRILES DE MADERA DE NOGAL
(*Juglans regia*) Y CAPULÌ (*Prunus serotina*) EN EL
ENVEJECIMIENTO DEL VINO”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieros Agroindustriales

Autores:

Lescano Toapanta Carlos Israel
Veloza Chango Lizeth Carolina

Tutora:

Arias Palma Gabriela Beatriz

LATACUNGA – ECUADOR
Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Lescano Toapanta Carlos Israel, con cédula de ciudadanía No. 0503778854 y Velozo Chango Lizeth Carolina, con cédula de ciudadanía No. 1728686872, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: “**INFLUENCIA DEL USO DE BARRILES DE MADERA DE NOGAL (*Juglans regia*) Y CAPULÌ (*Prunus serotina*) EN EL ENVEJECIMIENTO DEL VINO**”, siendo la Ingeniera Mg. Gabriela Beatriz Arias Palma Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 24 de Febrero del 2026

Carlos Israel Lescano Toapanta
C.C: 0503778854
ESTUDIANTE

Lizeth Carolina Velozo Chango
C.C: 1728686872
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **LESCANO TOAPANTA CARLOS ISRAEL**, identificado con cédula de ciudadanía **0503778854** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“INFLUENCIA DEL USO DE BARRILES DE MADERA DE NOGAL (*Juglans regia*) Y CAPULÌ (*Prunus serotina*) EN EL ENVEJECIMIENTO DEL VINO”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma Mg.

Tema: **“INFLUENCIA DEL USO DE BARRILES DE MADERA DE NOGAL (*Juglans regia*) Y CAPULÌ (*Prunus serotina*) EN EL ENVEJECIMIENTO DEL VINO”**,

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 24 días del mes de Febrero del 2026.

Carlos Israel Lescano Toapanta
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **VELOZO CHANGO LIZETH CAROLINA**, identificada con cédula de ciudadanía **1728686872** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“INFLUENCIA DEL USO DE BARRILES DE MADERA DE NOGAL (*Juglans regia*) Y CAPULÌ (*Prunus serotina*) EN EL ENVEJECIMIENTO DEL VINO”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma Mg.

Tema: **“INFLUENCIA DEL USO DE BARRILES DE MADERA DE NOGAL (*Juglans regia*) Y CAPULÌ (*Prunus serotina*) EN EL ENVEJECIMIENTO DEL VINO”**,

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 24 días del mes de Febrero del 2026.

Lizeth Carolina Velozo Chango
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

“INFLUENCIA DEL USO DE BARRILES DE MADERA DE NOGAL (*Juglans regia*) Y CAPULÌ (*Prunus serotina*) EN EL ENVEJECIMIENTO DEL VINO”, de Lescano Toapanta Carlos Israel y Velozo Chango Lizeth Carolina, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 24 de Febrero del 2026

Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.

C.C: 1714592746

DOCENTE TUTORA

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Lescano Toapanta Carlos Israel y Velozo Chango Lizeth Carolina, con el título del Proyecto de Investigación: “**INFLUENCIA DEL USO DE BARRILES DE MADERA DE NOGAL (*Juglans regia*) Y CAPULÌ (*Prunus serotina*) EN EL ENVEJECIMIENTO DEL VINO**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 24 de febrero del 2026

Ing. Fabián Cerda Andino, Mg.
C.C: 0501369805
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Zoila Eliana Zambrano Ochoa, Mg.
C.C: 0501773931
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán, Mg.
C.C: 0503352122
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por su gracia infinita que ha sido mi sustento, y hoy, al concluir esta etapa académica, elevo mi gratitud más sincera por su inagotable bondad.

A mis padres, quienes han sido mi apoyo incondicional durante todo este proceso académico, brindándome amor, comprensión y motivación constante. Gracias por sus sacrificios y por confiar siempre en mí.

A mi tutora de tesis a la Ing. Gabriela Arias, por su guía, paciencia y dedicación en el desarrollo de esta investigación. Sus conocimientos y orientaciones fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas y permitirme formarme como profesional, brindándome los conocimientos, recursos y herramientas necesarias para mi crecimiento académico y personal. A sus autoridades y docentes, quienes con su compromiso y vocación contribuyeron significativamente a mi formación integral.

A mis compañeros y amigos, por el apoyo, la colaboración y los momentos compartidos que hicieron de esta experiencia académica un camino más llevadero y enriquecedor.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra manera, aportaron con su ayuda y apoyo en la realización de esta tesis, expreso mi más sincero agradecimiento.

Carlos Israel Lescano Toapanta

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de mi vida, por iluminar mi camino y brindarme la sabiduría y perseverancia necesarias para culminar esta meta tan importante, su bendición ha sido el motor que me impulsó a no rendirme y a seguir adelante con fe y determinación. A mis padres, Juan Velozo y Carmen Chango, por su amor incondicional, sacrificio y confianza constante, siendo el pilar fundamental durante toda mi carrera. A mi querida abuelita, Mariana Tayupanta, por su apoyo permanente, sus consejos y palabras de aliento que me motivaron a seguir adelante en cada desafío. Este logro también les pertenece, porque han sido mi inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este camino.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme sus puertas y permitirme formarme profesionalmente, brindándome las herramientas necesarias para alcanzar mis sueños. A los ingenieros de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN), por sus enseñanzas y dedicación en cada asignatura. De manera especial, a la Ing. Gabriela Arias, tutora de este trabajo de investigación, por su guía y acompañamiento constante; y al Ing. Carlos Cajamarca, por compartir sus conocimientos y ser un apoyo importante en mi formación académica.

Lizeth Carolina Velozo Chango

DEDICATORIA

Con todo el amor de mi corazón, dedico este logro a mis queridos padres, Carlos Lescano y Mónica Toapanta, quienes han sido mi fuerza, mi ejemplo y mi mayor inspiración. Gracias por cada sacrificio silencioso, por cada palabra de aliento en los momentos difíciles y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Todo lo que soy y todo lo que he alcanzado es reflejo de su amor y esfuerzo. Este triunfo es tan suyo como mío.

A mi hermano, Gabriel Lescano, por ser mi compañero de vida, por su apoyo incondicional y por motivarme siempre a seguir adelante. Tu presencia ha sido un impulso constante para no rendirme.

A mis padrinos, por su cariño sincero, sus consejos y su apoyo en cada etapa importante de mi vida. Gracias por acompañarme y por formar parte de este sueño hecho realidad.

A mi familia, por su respaldo, sus oraciones y por celebrar conmigo cada pequeño avance. Su confianza ha sido una luz en este camino.

Y de manera muy especial, a mi abuelito que se encuentra en el cielo. Aunque hoy no puedo abrazarlo, siento su amor y su protección guiando mis pasos. Este logro lleva su nombre grabado en mi corazón, porque su recuerdo ha sido mi fortaleza y mi inspiración para no rendirme jamás.

Con infinita gratitud y amor, les dedico este sueño cumplido.

Carlos Israel Lescano Toapanta

DEDICATORIA

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, quien a pesar de cada dificultad y del caos que en ciertos momentos se presentó en mi vida, me dio la fortaleza, la fe y la valentía necesarias para salir adelante. Gracias por sostenerme cuando sentía que no podía más y por recordarme que después de cada tormenta siempre llega la calma. A mis padres, Juan Velozo y Carmen Chango, por cada sacrificio realizado para que pudiera cumplir mis sueños, por su amor incondicional y por creer en mí incluso en los momentos más inciertos; este triunfo también les pertenece, porque han sido mi mayor apoyo e inspiración.

Asimismo, me lo dedico a mí misma, porque fui valiente a pesar de las circunstancias, porque enfrenté momentos difíciles y aun así no renuncié a mis metas. Por cada lágrima silenciosa, cada noche de esfuerzo y cada vez que decidí continuar cuando parecía más fácil rendirme. Este logro no solo representa un título profesional, sino la prueba de mi fuerza, resiliencia y determinación para alcanzar lo que me propuse.

Lizeth Carolina Velozo Chango

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “INFLUENCIA DEL USO DE BARRILES DE MADERA DE NOGAL (*Juglans regia*) Y CAPULÍ (*Prunus serotina*) EN EL ENVEJECIMIENTO DEL VINO”.

Autores:

Lescano Toapanta Carlos Israel
Veloza Chango Lizeth Carolina

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del uso de barriles elaborados con madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*) en el envejecimiento de vino tinto y blanco, evaluando su efecto sobre las características fisicoquímicas, cromáticas y sensoriales del producto final. El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental factorial $a \times b \times c$, considerando como factores el tipo de madera, el tipo de vino y el tiempo de envejecimiento, con dos repeticiones por tratamiento.

Los vinos fueron elaborados mediante fermentación alcohólica controlada y envejecidos durante cuatro meses. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos como pH, sólidos solubles °Brix y color por espectrofotometría, conforme a la Norma INEN 372:2016. El vino tinto presentó un pH de 4,1 y el vino blanco de 3,8 en los mejores tratamientos t_2 y t_3 , respectivamente, ambos envejecidos en madera de nogal. Los sólidos solubles fueron de 3,24 °Brix en vino tinto y 3,57 °Brix en vino blanco, confirmando una fermentación adecuada. En el análisis cromático, el tratamiento t_2 nogal mostró mayor intensidad de color en vino tinto, evidenciando una mayor extracción y estabilización de compuestos fenólicos y taninos de la madera. En vino blanco, el tratamiento t_3 nogal presentó adecuada claridad y estabilidad, lo que indica una contribución favorable en la evolución del color del vino.

En la evaluación sensorial, el tratamiento t_2 en vino tinto alcanzó una aceptabilidad general de 3,14 puntos, mientras que el tratamiento t_3 en vino blanco obtuvo 3,45 puntos, destacándose ambos por mayor equilibrio, cuerpo y complejidad aromática. Estos resultados evidencian que la madera de nogal aportó compuestos fenólicos, taninos estructurales y precursores aromáticos que favorecieron la intensidad cromática, la estabilidad fisicoquímica y la armonía sensorial del vino. Por su parte, la madera de capulí mostró una aceptación favorable; sin embargo, presentó menor intensidad estructural y aromática, lo que sugiere que requiere un mayor tiempo de envejecimiento para transferir completamente sus compuestos extractables y potenciar sus propiedades enológicas.

El análisis económico evidenció que el vino tinto presentó un costo unitario de USD 5,59 y un precio estimado de venta de USD 6,71, mientras que el vino blanco registró un costo de USD 9,28 y un precio de USD 11,14. Estos resultados demuestran que el uso de barriles de nogal y capulí es económicamente factible dentro del proceso productivo.

Palabras clave: crianza en barrica, maderas alternativas, nogal (*Juglans regia*), capulí (*Prunus serotina*), vino tinto, vino blanco, intensidad cromática análisis fisicoquímico, evaluación sensorial.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “INFLUENCE OF THE USE OF WALNUT (*Juglans regia*) AND CAPULÍ (*Prunus serotina*) WOOD BARRELS ON WINE AGING”

Authors:

Lescano Toapanta Carlos Israel
Veloza Chango Lizeth Carolina

ABSTRACT

This research aimed to determine the influence of using barrels made from walnut (*Juglans regia*) and capuli (*Prunus serotina*) wood on the aging of red and white wine, evaluating their effect on the physicochemical, chromatic, and sensory characteristics of the final product. The study was conducted using a factorial experimental design ($a \times b \times c$), considering the wood type, wine type, and aging time as factors, with two replicates per treatment.

The wines were produced using controlled alcoholic fermentation and aged for four months. Physicochemical parameters such as pH, soluble solids °Brix, and color were evaluated by spectrophotometry, according to INEN Standard 372:2016. The red wine had a pH of 4.1 and the white wine a pH of 3.8 in the best treatments t_2 and t_3 , respectively, both aged in walnut wood. The soluble solids were 3.24 °Brix in red wine and 3.57 °Brix in white wine, confirming adequate fermentation. In the color analysis, treatment t_2 walnut showed greater color intensity in red wine, demonstrating greater extraction and stabilization of phenolic compounds and tannins from the wood. In white wine, treatment t_3 walnut showed adequate clarity and stability, indicating a favorable contribution to the wine's color development.

In the sensory evaluation, treatment t_2 in red wine achieved an overall acceptability score of 3.14 points, while treatment t_3 in white wine obtained 3.45 points, both standing out for greater balance, body, and aromatic complexity. These results demonstrate that the walnut wood contributed phenolic compounds, structural tannins, and aromatic precursors that favored color intensity, physicochemical stability, and the sensory harmony of the wine. For its part, the capuli wood showed favorable acceptance. However, it exhibited lower structural and aromatic intensity, suggesting that it requires a longer aging period to fully transfer its extractable compounds and enhance its oenological properties.

The economic analysis showed that the red wine had a unit cost of USD 5.59 and an estimated selling price of USD 6.71, while the white wine registered a cost of USD 9.28 and a price of USD 11.14. These results demonstrate that the use of walnut and capuli barrels is economically feasible within the production process.

Keywords: barrel aging, alternative woods, walnut (*Juglans regia*), capuli (*Prunus serotina*), red wine, white wine, color intensity, physicochemical analysis, sensory evaluation.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
DEDICATORIA	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xix
INDICE DE FIGURAS	xxii
INTRODUCCIÓN.....	1
1 INFORMACIÓN GENERAL	2
2 DISEÑO DEL PROYECTO.....	3
2.1 Planteamiento del Problema	3
3 MARCO CONTEXTUAL.....	4
4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
5 OBJETIVOS:.....	6
5.1 General.....	6
5.1.1 Específicos.....	6
6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS Tabla 1 <i>Cuadro de actividades</i>	6
7 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O MARCO REFERENCIAL	7
7.1 Marco Teórico.....	7
7.1.1 Antecedentes.....	7

8	MARCO CONCEPTUAL	17
9	METODOLOGÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.	19
9.1	Tipos de investigación	19
9.1.1	Investigación Exploratoria.....	19
9.1.2	Investigación Experimental	19
9.2	Métodos de investigación	20
9.2.1	Método Mixto	20
9.2.2	Método cualitativo	20
9.2.3	Método cuantitativo	20
9.2.4	Método Deductivo	21
9.2.5	El método hipotético-deductivo.....	21
9.3	Técnicas de investigación	21
9.3.1	Observación	21
9.3.2	Encuestas	22
9.4	Instrumentos de investigación	22
9.4.1	Ficha de observación	22
9.4.2	Encuesta sensorial (escala hedónica).....	22
9.5	Metodología del proceso de la fabricación de los barriles.....	22
9.5.1	Diagrama de flujo	24
9.6	Metodología del proceso para la elaboración de los vinos.	25
9.6.1	Metodología del proceso para la elaboración del vino tinto.....	25
9.6.2	Metodología del proceso para la elaboración del vino blanco	27
10	HIPÓTESIS O PREGUNTAS CIENTÍFICAS	29
11	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	30
11.1	Características del diseño experimental	30
11.2	Factores en estudio	30
11.3	Tratamientos.....	31

11.4	Características de la unidad experimental.....	31
11.5	Cuadro de variables.....	31
11.6	Esquema ADEVA del envejecimiento del vino.....	32
12	RESULTADOS Y DISCUSIONES	32
12.1	Resultados fisicoquímicos previos del envejecimiento del vino tinto de uva negra (<i>Vitis riparia</i>).....	32
12.2	Resultados fisicoquímicos previos del envejecimiento del vino blanco uva verde (<i>Thompson Seedless</i>)	34
12.3	Análisis Fisicoquímicos de los vinos tintos y vinos blancos envejecidos en los barriles de madera.....	36
12.3.1	Resultados del análisis de pH.....	36
12.3.2	Resultados de los sólidos solubles.....	37
12.4	Resultado del análisis del color.....	40
12.5	Análisis Sensorial del vino tinto y blanco envejecidos en los barriles de madera nogal (<i>Juglans Regia</i>) y capulí (<i>Prunus serotina</i>),.....	42
12.6	Determinación de características sensoriales y aceptabilidad del vino Tinto	42
12.7	DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL VINO BLANCO.....	66
12.8	Selección del mejor tratamiento con relación al análisis sensorial del vino tinto y blanco	89
12.9	Análisis Fisicoquímicos del mejor tratamiento del vino tinto y blanco.....	91
13	Impactos del proyecto.....	95
13.1	Impacto técnico	95
13.2	Impacto social	95
13.3	Impacto económico	95
13.4	Impacto ambiental	96
14	Recursos y presupuesto	96
15	CONCLUSIONES.....	99

16	RECOMENDACIONES	100
17	BIBLIOGRAFÍA.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Cuadro de actividades</i>	6
Tabla 2 Descripción de tratamientos	31
Tabla 3 Cuadro de variables	31
Tabla 4 Esquema ADEVA.....	32
Tabla 5 Análisis fisicoquímicos previos del envejecimiento del vino tinto	32
Tabla 6 Análisis fisicoquímicos previos del envejecimiento del vino blanco.....	34
Tabla 7 Análisis de varianza de la variable pH	36
Tabla 8 Análisis de varianza de la variable sólidos solubles.....	37
Tabla 9 Prueba de Tukey al 5% para el factor a,b,c	38
Tabla 10 Análisis de varianza de la variable color por espectrofotometría del vino tinto	40
Tabla 11 Análisis de varianza del color del vino blanco	41
Tabla 12 Prueba de Tukey al 5% del Factor c	41
Tabla 13 Prueba de Tukey al 5% del Factor a y Factor c	42
Tabla 14 Análisis de varianza de la variable examen visual-color del vino tinto	43
Tabla 15 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen visual-color del vino tinto	43
Tabla 16 Análisis de varianza de la variable examen visual-aspecto del vino tinto.....	44
Tabla 17 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen visual- aspecto del vino tinto.....	45
Tabla 18 Análisis de varianza de la variable examen olfativo-primera impresión del vino tinto	46
Tabla 19 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen olfativo-primera impresión del.....	47
Tabla 20 Análisis de variación de la variable intensidad aromática del vino tinto	48
Tabla 21 Prueba de Tukey al 5% en la variable intensidad aromática del vino tinto.....	49
Tabla 22 Análisis de varianza de la variable calidad olfativa del vino tinto	51
Tabla 23 Prueba de Tukey al 5% de la variable calidad olfativa del vino tinto	52
Tabla 24 Análisis de varianza de la variable duración del aroma del vino tinto	53
Tabla 25 Prueba de Tukey al 5% en la variable duración del aroma del vino tinto	54
Tabla 26 Análisis de varianza de la variable examen gustativo-acidez del vino tinto	55
Tabla 27 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen gustativo-acidez del vino tinto	56
Tabla 28 Análisis de varianza de la variable cuerpo-poder alcohólico del vino tinto.....	57
Tabla 29 Prueba de Tukey al 5% de la variable cuerpo-poder alcohólico del vino tinto.....	58
Tabla 30 Análisis de varianza de la variable sabor (aroma en boca) del vino tinto	59

Tabla 31 Prueba de Tukey al 5% de la variable sabor (aroma en boca) del vino tinto	60
Tabla 32 Análisis de varianza de la variable presencia de sabores extraños del vino tinto	61
Tabla 33 Prueba de Tukey al 5% en la variable presencia de sabores extraños del vino tinto	62
Tabla 34 Análisis de varianza de la variable aceptabilidad general del vino tinto.....	64
Tabla 35 Prueba de Tukey al 5% en la variable aceptabilidad general del vino tinto.....	64
Tabla 36 Análisis de varianza de la variable examen visual-color del vino blanco	66
Tabla 37 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen visual-color del vino blanco	67
Tabla 38 Análisis de variación de la variable examen visual-aspecto del vino blanco	68
Tabla 39 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen visual-aspecto del vino blanco	69
Tabla 40 Análisis de varianza de la variable examen olfativo- primera impresión del vino blanco	70
Tabla 41 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen olfativo-primera impresión.....	71
Tabla 42 Análisis de varianza de la variable intensidad aromática del vino blanco	73
Tabla 43 Prueba de Tukey al 5% de la variable intensidad aromática del vino blanco	73
Tabla 44 Análisis de varianza de la variable calidad olfativa del vino blanco.....	75
Tabla 45 Prueba de Tukey al 5% en la variable de calidad olfativa del vino blanco	76
Tabla 46 Análisis de varianza de la variable duración del aroma del vino blanco.....	77
Tabla 47 Prueba de Tukey al 5% en la duración del aroma del vino blanco.....	78
Tabla 48 Análisis de varianza de la variable examen gustativo-acidez del vino blanco	79
Tabla 49 Prueba de Tukey al 5% de la variable examen gustativo-acidez del vino blanco	80
Tabla 50 Análisis de varianza de la variable cuerpo-poder alcohólico en el vino blanco.....	81
Tabla 51 Prueba de Tukey al 5% en la variable cuerpo-poder alcohólico del vino blanco....	82
Tabla 52 Análisis de varianza de la variable sabor (aroma en boca) del vino blanco	83
Tabla 53 Prueba de Tukey al 5% en la variable sabor (aroma en boca) del vino blanco	84
Tabla 54 Análisis de varianza de la variable presencia de sabores extraños en el vino blanco	85
Tabla 55 Prueba de Tukey al 5% en la variable de presencia de sabores extraños del vino blanco	86
Tabla 56 Análisis de varianza de la variable aceptabilidad general del vino blanco	87
Tabla 57 Prueba de Tukey al 5% en la variable de aceptabilidad general del vino blanco.....	88
Tabla 58 Mejor tratamiento del vino tinto y blanco según los análisis fisicoquímicos.....	89
Tabla 59 Mejor tratamiento del vino tinto y blanco según el análisis sensorial.....	90
Tabla 60 Análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento del vino tinto.....	91

Tabla 61 Análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento del vino blanco	93
Tabla 62 Costo de producción del vino tinto.....	96
Tabla 63 Sumatoria de los gastos del vino tinto.....	97
Tabla 64 Costo de producción del vino blanco	97
Tabla 65 Sumatoria de los gastos del vino blanco	98

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1	Diagrama de flujo de la elaboración de los barriles.....	24
Ilustración 2	Diagrama de flujo de la elaboración del vino tinto.....	26
Ilustración 3	Diagrama de flujo de la elaboración del vino blanco	29
Ilustración 4	Variación de los sólidos solubles.....	39
Ilustración 5.	Variación de la variable Examen visual color del vino tinto	44
Ilustración 6	Variación de la variable examen visual-aspecto del vino tinto.....	46
Ilustración 7	Variación de la variable examen olfativo-primera impresión del vino tinto	48
Ilustración 8	Variación de la variable intensidad aromática del vino tinto.....	50
Ilustración 9	Variación de la variable calidad olfativa del vino tinto	52
Ilustración 10	Variación de la variable duración del aroma del vino tinto	54
Ilustración 11	Varianza del examen gustativo-acidez del vino tinto	56
Ilustración 12	Variación de la variable cuerpo -poder alcohólico del vino tinto.....	58
Ilustración 13	Variación de la variable sabor (aroma en boca) del vino tinto	61
Ilustración 14	Variación de la variable presencia de sabores extraños del vino tinto	63
Ilustración 15	Variación de la variable aceptabilidad general del vino tinto.....	65
Ilustración 16	Variación de la variable color del vino blanco	67
Ilustración 17	Variación de la variable aspecto del vino blanco.....	70
Ilustración 18	Variación de la variable examen olfativo-primera impresión del vino blanco	72
Ilustración 19	Variación de la variable intensidad aromática del vino blanco	74
Ilustración 20	Variación de la variable calidad olfativa del vino blanco.....	77
Ilustración 21	Variación de la variable duración del aroma del vino blanco.....	79
Ilustración 22	Variación de la variable examen gustativo –acidez del vino blanco	81
Ilustración 23	Variación de la variable cuerpo- poder alcohólico del vino blanco.....	83
Ilustración 24	Variación de la variable sabor (aroma en boca) del vino blanco	85
Ilustración 25	Variación de la variable sabores extraños en el vino blanco	87
Ilustración 26	Variación de la variable aceptabilidad del vino blanco	89

INTRODUCCIÓN

El vino es una de las bebidas fermentadas más antiguas y representa un producto de alto valor cultural, económico y sensorial. El proceso de envejecimiento constituye una etapa fundamental en su elaboración, ya que influye directamente en las características finales del producto, tales como el aroma, el sabor, el color, la estructura y la estabilidad. Tradicionalmente, este proceso se realiza en barriles de roble, los cuales aportan compuestos fenólicos y aromáticos que contribuyen al desarrollo de la complejidad organoléptica del vino. (Balmoral, 2024).

No obstante, en el contexto ecuatoriano, la disponibilidad limitada y el alto costo de las barricas de roble importadas representan una restricción para pequeños y medianos productores. Esta situación ha motivado la búsqueda de alternativas locales, sostenibles y económicamente viables que permitan mantener estándares de calidad adecuados, fomentando al mismo tiempo el aprovechamiento de recursos forestales disponibles en el país. (Rubio, 2014)

En este marco, la presente investigación evaluó el uso de madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*) como alternativas para el envejecimiento del vino tinto y blanco. El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental factorial $a \times b \times c$, considerando como factores el tipo de madera, el tipo de vino y el tiempo de envejecimiento, con ocho tratamientos y dos repeticiones por tratamiento. Se aplicó análisis estadístico mediante ANOVA y prueba de Tukey al 5 % para determinar diferencias significativas entre tratamientos. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos conforme a la Norma INEN 372:2016, incluyendo pH, sólidos solubles (°Brix), color por espectrofotometría, acidez total, grado alcohólico, metanol, anhídrido sulfuroso y polifenoles totales. Asimismo, se realizó una evaluación sensorial mediante escala hedónica estructurada para determinar la aceptabilidad del producto.

Los resultados evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos, destacándose aquellos envejecidos en madera de nogal. En el vino tinto, el tratamiento t_2 nogal presentó un pH de 4,1, sólidos solubles de 3,24 °Brix, grado alcohólico de 8,39 % v/v, acidez total de 10,23 g/L y 23,44 mg de ácido gálico/100 mL de polifenoles totales, además de mayor intensidad de color por espectrofotometría, lo que evidencia una mayor extracción y estabilización de compuestos fenólicos y taninos estructurales provenientes de la madera.

En el vino blanco, el tratamiento t_3 nogal registró un pH de 3,8, sólidos solubles de 3,57 °Brix, grado alcohólico de 16,10 % v/v, acidez total de 3,40 g/L y 5,39 mg de ácido gálico/100 mL de

polifenoles totales, mostrando adecuada claridad y estabilidad cromática. Los valores de °Brix en ambos vinos confirmaron una fermentación adecuada y una correcta transformación de azúcares en alcohol.

En la evaluación sensorial, el tratamiento t2 en vino tinto alcanzó una aceptabilidad general de 3,14 puntos, mientras que el tratamiento t3 en vino blanco obtuvo 3,45 puntos, destacándose ambos por su equilibrio, cuerpo y complejidad aromática. Estos resultados evidencian que la madera de nogal aportó compuestos fenólicos, taninos estructurales y precursores aromáticos que favorecieron la intensidad cromática, la estabilidad fisicoquímica y la armonía sensorial del vino. Por su parte, la madera de capulí mostró una aceptación favorable; sin embargo, presentó menor intensidad estructural y aromática, lo que sugiere que podría requerir un mayor tiempo de envejecimiento para maximizar la transferencia de sus compuestos extractables y potenciar sus propiedades enológicas.

El análisis económico evidenció que el vino tinto presentó un costo unitario de USD 5,59 y un precio estimado de venta de USD 6,71, mientras que el vino blanco registró un costo de USD 9,28 y un precio de USD 11,14. Estos resultados demuestran que el uso de barriles de nogal y capulí es económicamente factible dentro del proceso productivo.

En conjunto, los resultados obtenidos confirman que la madera de nogal y capulí representan alternativas técnicas y económicamente viables para el envejecimiento del vino en el contexto ecuatoriano, aportando mejoras sensoriales, reducción de costos y fortaleciendo la innovación agroindustrial con identidad local.

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: “Influencia del uso de barriles de madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*) en el envejecimiento del vino”.

Fecha de inicio

Abril 2025

Fecha de finalización

Marzo 2026

Lugar de ejecución:

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Parroquia: Eloy Alfaro

Barrio: Salache

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Carrera de Agroindustria

Equipo de Trabajo:

Tutor del proyecto de Titulación:

Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma Mg.

Estudiantes:

Lescano Toapanta Carlos Israel

Velozo Chango Lizeth Carolina

Área de Conocimiento:

Campo amplio: Ingeniería, industria y construcción.

Campo específico: Industria y producción.

Campo detallado: Procesamiento de alimentos

Línea de investigación: Procesos tecnológicos, bioquímicos, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.

Sub línea de investigación: Generación de tecnologías para el desarrollo de productos agroindustriales.

2 DISEÑO DEL PROYECTO

2.1 Planteamiento del Problema

El envejecimiento del vino es una etapa fundamental en la elaboración de esta bebida, ya que durante este proceso se desarrollan y definen características sensoriales como el aroma, el sabor, el color y el cuerpo. Tradicionalmente, este proceso se realiza en barricas de roble, debido a su capacidad para aportar compuestos fenólicos, taninos y sustancias aromáticas que contribuyen a mejorar la calidad del vino. No obstante, el uso casi exclusivo de este tipo de madera limita

la exploración de alternativas que podrían generar perfiles sensoriales diferenciados y adaptados a las condiciones locales (Bretón, 2017).

En el Ecuador, la producción de barricas de roble es limitada, principalmente por la falta de una industria asociada al desarrollo del sector vitivinícola. Esta situación obliga a importar barriles, maquinaria e insumos necesarios para el proceso de envejecimiento, lo que incrementa significativamente los costos de producción y genera una fuerte dependencia de proveedores externos. Como consecuencia, se ve afectada la competitividad y sostenibilidad de las bodegas vinícolas, especialmente de pequeños y medianos productores, quienes enfrentan dificultades para acceder a tecnologías de envejecimiento adecuadas (Racines, 2022).

Por otra parte, el escaso conocimiento científico sobre el uso de maderas alternativas disponibles en el entorno local, como el nogal (*Juglans regia*) y el capulí (*Prunus serotina*), limita la innovación tecnológica en los procesos de envejecimiento del vino. Diversos estudios señalan que diferentes especies de madera pueden aportar compuestos fenólicos y volátiles que influyen en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del vino; sin embargo, estas maderas no han sido suficientemente estudiadas ni aplicadas en el contexto ecuatoriano (Pascual O. N., 2022)

Si esta problemática se mantiene en el tiempo, la industria vitivinícola ecuatoriana continuará enfrentando elevados costos de producción, dependencia del mercado internacional y reducidas oportunidades de innovación. Esto podría limitar el crecimiento del sector, disminuir la diversificación de productos con identidad local y afectar el posicionamiento de los vinos nacionales en mercados cada vez más competitivos (Togores, 2011).

Ante esta situación, surge la necesidad de investigar la influencia del uso de barriles elaborados con maderas alternativas como el nogal (*Juglans regia*) y el capulí (*Prunus serotina*) en el proceso de envejecimiento del vino. La evaluación de su efecto sobre las características fisicoquímicas y sensoriales permitirá proponer una alternativa viable al uso tradicional de barricas de roble, contribuyendo a la reducción de costos, al aprovechamiento de recursos forestales locales y al fortalecimiento de la industria vitivinícola ecuatoriana (Bretón, 2017).

3 MARCO CONTEXTUAL

El envejecimiento del vino es una etapa esencial en su elaboración, ya que durante este proceso el vino interactúa con la madera de las barricas liberando compuestos aromáticos y fenólicos

que modifican características fundamentales como el aroma, sabor, color y estructura química del producto final. Esta técnica tradicional permite que se produzca una ligera microoxigenación a través de la madera, lo que favorece la estabilidad de compuestos polifenólicos y la evolución organoléptica del vino. Estudios científicos describen la función de la madera de roble en la crianza del vino como aportadora de complejidad sensorial y afinamiento de taninos, que contribuyen a un perfil más estructurado y aromático. (Merino García, 2015)

En países donde la industria vitivinícola se encuentra en proceso de desarrollo, como ocurre en varias regiones de América Latina, el uso de barricas tradicionales representa una limitación económica importante. Estudios señalan que el alto costo de las barricas y su dependencia del mercado internacional dificultan el acceso a este tipo de tecnología para pequeños y medianos productores. De acuerdo con (Scarpetta, 2022), esta situación condiciona el crecimiento del sector vitivinícola y limita la competitividad de las bodegas que no cuentan con recursos suficientes para implementar sistemas tradicionales de envejecimiento.

Desde el punto de vista geográfico y productivo, la vitivinicultura en contextos locales se desarrolla principalmente a pequeña escala, con una fuerte relación con el entorno sociocultural y económico de las comunidades. La producción de vino suele formar parte de actividades agroindustriales complementarias que generan empleo y aportan al desarrollo rural. Según (Hernández-Orte, 2014), la incorporación de tecnologías adaptadas a las condiciones locales favorece la sostenibilidad de estas actividades y fortalece la identidad productiva de las regiones vitivinícolas emergentes.

El problema se agrava cuando la falta de alternativas tecnológicas adecuadas impide optimizar el proceso de envejecimiento del vino, lo que afecta directamente la calidad del producto final y su aceptación en el mercado. Esta situación repercute en el desarrollo económico del sector, ya que limita las oportunidades de crecimiento, innovación y generación de valor agregado. Tal como señalan (Sánchez-Palomo, 2015), la calidad sensorial del vino es un factor determinante para su posicionamiento comercial y para la permanencia de las bodegas en el mercado.

Ante este contexto, diversos estudios proponen la evaluación de maderas alternativas y sistemas de envejecimiento adaptados a las condiciones locales como una posible solución. En este sentido, el uso de maderas como el nogal (*Juglans regia*) y el capulí (*Prunus serotina*), disponibles en el entorno local, representa una alternativa viable para el envejecimiento del vino, ya que permitiría reducir costos, aprovechar recursos de la zona y disminuir la

dependencia de barricas importadas. Estas maderas podrían contribuir a mantener características sensoriales aceptables en el vino, siempre que se controle adecuadamente el proceso de contacto con la madera. Según (Maureira Lazo, 2019), la búsqueda de opciones tecnológicas accesibles y adaptadas al contexto productivo favorece el fortalecimiento del sector vitivinícola y promueve un desarrollo más equilibrado desde el punto de vista económico y social.

4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo influye el uso de barriles fabricados con madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*) en las características fisicoquímicas, sensoriales del vino durante el proceso de envejecimiento?

5 OBJETIVOS:

5.1 General

Determinar la influencia de barriles de madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*) en el envejecimiento del vino

5.1.1 Específicos

- Realizar una caracterización fisicoquímica de los vinos obtenidos previos del envejecimiento
- Evaluar las características físico-químicas del vino tinto y blanco envejecidos con dos tipos de maderas.
- Comparar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del vino envejecido en barriles de madera.
- Realizar los análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento.
- Realizar el costo de producción del mejor vino.

6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1 Cuadro de actividades

Objetivo	Actividad	Metodología	Resultado
Realizar una caracterización fisicoquímica de los vinos obtenidos previos del envejecimiento	Elaboración del vino tinto y blanco. Determinar las propiedades fisicoquímicas del vino	Fermentación alcohólica controlada de uvas, utilizando el mismo proceso base para ambos tipos de vino.	Análisis fisicoquímicos del laboratorio Tabla 9 y 10

				Análisis fisicoquímicos de acuerdo con la norma INEN 372	
Evaluar las características físico-químicas del vino tinto y blanco envejecidos con dos tipos de maderas	Seguimiento del envejecimiento del vino en barriles de madera.	Del	de	Determinación de parámetros fisicoquímicos mediante (pH metro) Sólidos solubles (Refractómetro) Color (espectrofotometría),	Datos fisicoquímicos del vino durante el proceso de envejecimiento.
Comparar las propiedades físico-químicas y sensoriales del vino envejecido en barriles de madera.	Determinar las propiedades físico-químicas y sensoriales de los vinos envejecidos en barriles de madera.	las	los	Análisis e interpretación de los resultados fisicoquímicos obtenidos y evaluación sensorial mediante ficha estructurada (escala hedónica).	Resultados comparativos de los tratamientos en función de sus características físico-químicas y sensoriales.
Realizar los análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento.	Selección del mejor tratamiento según sus características físico-químicas y sensoriales.			Realizar los análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento de acuerdo con la norma INEN 372	Resultados fisicoquímicos del mejor tratamiento.
Realizar el costo de producción del mejor tratamiento envejecido.	Evaluar y detallar el costo de producción del mejor tratamiento			Costo detallado del mejor tratamiento, identificando el costo directo, indirecto y la mano de obra.	Datos obtenidos de los costos del mejor tratamiento. Tabla 64 y 66

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

7 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O MARCO REFERENCIAL

7.1 Marco Teórico

7.1.1 Antecedentes

7.1.1.1 Uso de fragmentos de roble como alternativa a la crianza tradicional en barrica

Según Rubio, (2014) llevó a cabo un estudio exhaustivo sobre la utilización de fragmentos de roble durante los procesos fermentativos y de envejecimiento de vinos tintos, como alternativa a la crianza tradicional en barrica. El trabajo incluyó distintos orígenes de roble, niveles de tostado y formas de aplicación, como virutas y duelas. Los resultados mostraron que estos productos alternativos son capaces de transferir compuestos volátiles como vainillina, eugenol y furfural en niveles significativos, especialmente si se aplica un tostado medio o fuerte. Además, se evidenció que la dosis utilizada influye directamente en la intensidad de los

compuestos cedidos al vino, aunque no sustituyen completamente la crianza tradicional, estos fragmentos ofrecen una solución viable para procesos más cortos o con restricciones económicas, manteniendo parte del perfil sensorial que aporta la madera al vino.

7.1.1.2 Efecto del origen geográfico del roble americano en la calidad del vino

Un estudio incluyó barricas provenientes de cuatro regiones de Estados Unidos: Pensilvania, Misuri, Kentucky y Ohio. En una investigación reciente citado en (Feng, 2024) dice “el origen de la madera influye significativamente en la presencia de compuestos fenólicos, volátiles y lactonas”. El roble de Pensilvania mostró una mayor cesión de eugenol y guayacol, generando vinos con notas especiadas y ahumadas más marcadas, mientras que el roble de Misuri potenció los compuestos relacionados con aromas dulces como furfurales y lactonas del whisky. El autor concluyó que el origen del roble es un factor crítico en la elección de barricas, ya que cada zona aporta propiedades únicas que influyen en el perfil final del vino.

7.1.1.3 Evaluación del envejecimiento del vino en roble francés y americano

Uno de los estudios más completos en lengua española sobre la influencia del tipo de roble en el envejecimiento del vino tinto fue realizado por (Álamo, 1998), quien analizó vinos de la Denominación de Origen Ribera del Duero criados en barricas de roble francés y americano, tanto nuevas como reutilizadas. La investigación evaluó parámetros enológicos clave como la concentración de taninos, antocianinas, azúcares, así como la evolución del color y las características sensoriales. Los resultados indicaron que el roble francés favorece una mayor estabilidad cromática y una evolución más lenta y armoniosa de los compuestos aromáticos, mientras que el roble americano, si bien presenta una cesión más rápida de sustancias, aporta aromas más dulces y una menor estructura tánica. Este trabajo técnico permitió establecer criterios para seleccionar el tipo de madera en función del estilo de vino que se desea elaborar, y contribuyó a la apertura de líneas de investigación sobre otras especies maderables como posibles alternativas al roble convencional.

7.1.1.4 Evaluación del roble (*Quercus pirenaica*) como madera alternativa en crianza de vinos

Según Martínez, (2018) desarrolló un estudio enfocado en la evaluación del (*Quercus pirenaica*), un roble autóctono español poco utilizado en tonelería, como madera alternativa en el envejecimiento de vinos. El experimento consistió en envejecer vino tinto mediante el uso de productos alternativos como virutas y duelas de esta madera, variando el tamaño de las

partículas, el tiempo de contacto y el tipo de tostado. Se analizaron parámetros físico-químicos, fenólicos y sensoriales de los vinos, comparándolos con muestras envejecidas en barrica tradicional de roble francés.

Los resultados demostraron que el (*Quercus pirenaica*) puede aportar compuestos aromáticos similares al roble convencional, incluyendo furfurales, vainillina y lactonas. También se observó una adecuada integración de taninos y una percepción sensorial equilibrada, especialmente en vinos envejecidos con duelas de tostado medio. El autor concluyó que esta especie representa una alternativa viable y sostenible para la crianza, reduciendo costos sin comprometer la calidad, lo cual justifica la exploración de otras especies forestales locales como el capulí y el nogal.

7.1.1.5 Nuevas maderas en vinos blancos, aplicación de especies alternativas

Un antecedente relevante lo aporta Lechón, (2024), quien investigó el uso de nuevas especies maderables como el cerezo (*Prunus avium*) y la robinia (*Robinia pseudoacacia*) en la crianza de vinos blancos, utilizando productos alternativos a las barricas, como duelas y chips. Su objetivo fue determinar si estas maderas podían aportar perfiles sensoriales diferenciados sin comprometer la estabilidad físico-química del vino. A través de análisis cromatográficos y pruebas sensoriales, se evidenció que estas especies aportan aromas frutales, florales y especiados, así como una percepción de frescura y complejidad que resultó bien valorada por catadores entrenados.

Aunque el estudio no incluyó directamente al capulí (*Prunus serotina*), se resalta que las especies del género *Prunus* poseen una estructura anatómica y composición fenólica que las hace potencialmente aptas para uso en tonelería o como madera de contacto. Este hallazgo proporciona sustento teórico a la propuesta de investigar el uso del capulí como alternativa enológica, en especial considerando su disponibilidad en regiones andinas y su posible aprovechamiento forestal sostenible.

7.1.1.6 Desarrollo histórico del vino

Los inicios del vino se sitúan en tiempos antiguos, alrededor de 6. 000 a 5. 000 años antes de Cristo, hoy en día, la producción de vinos elaborados con frutas diferentes a la uva es muy común en varias naciones donde las condiciones climáticas no favorecen la viticultura. El vino de frutas se elabora a través de la fermentación alcohólica del jugo de diferentes tipos de frutas

en lugar de la uva convencional. Aunque el proceso de producción es similar al del vino tradicional, no es idéntico en todos los aspectos (Méndez, 2022).

Los romanos adoptaron la pasión por el vino de los griegos, gracias a las uvas cultivadas por los etruscos. Los chinos dominaron el arte de la fermentación del jugo de uva y fueron los primeros en establecer normas al respecto, a lo largo de la edad media la producción de vino se volvió una labor crucial en los monasterios. Cada uno tenía su propio viñedo, del cual se obtenían los vinos utilizados en ceremonias religiosas, de manera que los monjes de esa época pueden ser vistos como pioneros de la viticultura moderna, que incluye el cultivo de uvas, la elaboración de vino y su producción (Verde, 2015).

La historia de la enología moderna no puede comprenderse sin la figura de Louis Pasteur, cuya intervención en el siglo XIX supuso un punto de inflexión para la ciencia del vino. Hasta entonces, el proceso de fermentación era un fenómeno envuelto en misterio; los viticultores observaban la transformación del zumo de uva en vino sin comprender los mecanismos que lo hacían posible. Pasteur, con su profundo conocimiento en microbiología, demostró que la fermentación alcohólica era llevada a cabo por microorganismos, concretamente levaduras, lo que supuso una auténtica revolución científica, gracias a sus estudios, el vino dejó de percibirse como el resultado de un proceso casi mágico, para pasar a ser entendido desde una perspectiva rigurosamente científica (Verde, 2015).

El impacto de Pasteur fue aún más allá al introducir procedimientos destinados a mejorar la calidad y conservación del vino. Entre sus aportes más destacados se encuentra la propuesta de calentar el vino a 55 °C durante un breve periodo y luego sellarlo herméticamente, con el fin de eliminar bacterias responsables de su deterioro. Este proceso, conocido hoy como pasteurización, fue inicialmente recibido con escepticismo por parte de los productores tradicionales, pero su eficacia terminó por consolidarse como una herramienta fundamental en la industria. En reconocimiento a su legado, Pasteur es considerado el padre de la enología moderna, ya que su trabajo no solo explicó científicamente la fermentación, sino que también sentó las bases para una elaboración del vino más controlada, higiénica y duradera (Maribel, 2019).

Además, señala que los consumidores ecuatorianos tienden a preferir vinos tintos y semisecos, aunque se observa un crecimiento en la demanda de vinos blancos y espumosos, especialmente entre el público joven. (ICEX, 2023).

7.1.1.7 Envejecimiento del vino

Durante el proceso de envejecimiento, el vino experimenta una serie de transformaciones físico-químicas y sensoriales que determinan su calidad final. Este proceso puede realizarse en diferentes tipos de recipientes después de las tinajas, la madera ha sido el material más utilizado para la conservación del vino. No se trata de un material inerte, sino que modifica hasta tal punto las características del vino, que se puede hablar de una verdadera crianza y no tan solo de una simple conservación. El tipo de madera utilizado en los barriles influye directamente en las características del vino, ya que interviene en diversos mecanismos que afectan su composición, aroma y sabor (Palomar, Acenología, 2006).

El envejecimiento en barrica provoca oxidación fenólica, polimerización de antocianinas con taninos, y cesión de elagitaninos que regulan la oxidación y mejoran el color y la estructura del vino, con variaciones según origen y tratamiento de la madera (Sanza M. d., 2006).

7.1.1.8 Envejecimiento del vino en barrica

El envejecimiento del vino es un proceso complejo que modifica su composición físico-química y sensorial a través de reacciones lentas y controladas de oxidación, extracción de compuestos de la madera y polimerización de taninos. Tradicionalmente, se emplean barricas de roble, ya que esta madera proporciona compuestos fenólicos y aromáticos que mejoran la estructura, estabilidad y bouquet del vino (GmbH, 2025).

Durante la crianza, compuestos como los taninos, ácidos fenólicos, aldehídos, lactonas y furanos se transfieren desde la madera al vino, aportando notas especiadas, vainilladas, tostadas y de frutos secos. El tipo de madera, su origen botánico, el tratamiento térmico y el tiempo de contacto influyen directamente en la calidad final del vino (Acenología, 2000).

En términos generales, el envejecimiento en barrica produce tres efectos principales sobre el vino ya que la madera ayuda a intensificar las características de sabor y aroma de los vinos, además de prolongar su capacidad de envejecimiento y mejorar su estabilidad. Durante este proceso, ocurren fenómenos como los que se describen a continuación.

7.1.1.9 Tiempo del envejecimiento del vino en barrica

El tiempo de contacto del vino con la madera es un factor decisivo en la evolución aromática y gustativa del producto, ya que puede abarcar desde unas pocas semanas hasta varios meses, dependiendo del tipo de madera, el tamaño de las piezas y las características sensoriales que se buscan alcanzar. Los estudios citados de (Betrán, 2014) demuestran que, durante los primeros

meses de envejecimiento, se logra una extracción rápida de compuestos aportados por la madera, lo que permite obtener vinos con buena complejidad aromática sin necesidad de largos periodos de crianza. De hecho, los vinos tratados con fragmentos de madera han llegado a mostrar mejores resultados sensoriales que los criados en barrica tradicional durante los primeros 3 a 6 meses de contacto, siendo este periodo crítico para los vinos considerados de crianza corta. Asimismo, se ha observado que hasta aproximadamente los 6 meses las valoraciones organolépticas de los vinos con madera alternativa pueden ser equivalentes o superiores, mientras que a partir de los 12 meses suelen destacar los vinos envejecidos en barrica. Todo ello respalda que un periodo experimental cercano a los 4 meses sea técnicamente adecuado para evaluar la influencia de la madera en la calidad final del vino.

7.1.1.10 Oxidación controlada

A lo largo del proceso de añejamiento, el oxígeno penetra lentamente en el interior del barril a través de los poros de la madera, generando una oxidación suave y prolongada que favorece la evolución del vino. Algunos autores sostienen que esta difusión es limitada y que el mayor aporte de oxígeno ocurre durante las aperturas para el relleno del barril. La cantidad de oxígeno aportada dependerá en gran medida del tipo de madera utilizada y del corte de la misma (Vino., 2016). En este contexto, maderas como el nogal (*Juglans regia*) y el capulí (*Prunus serotina*) pueden mostrar diferencias significativas en porosidad y permeabilidad, influyendo así en la tasa de oxidación y en la evolución sensorial del vino.

7.1.1.11 Evaporación de componentes volátiles

Durante el envejecimiento en barrica se produce una pérdida gradual de agua y etanol hacia el exterior, proceso que intensifica la concentración de compuestos aromáticos en el vino. Este fenómeno ocurre en contracorriente con la entrada de oxígeno y está influenciado por factores ambientales (temperatura, humedad) y por la densidad y porosidad de la madera del barril. Las pérdidas anuales pueden variar entre el 1 % y el 9 %, observando que el agua por tener menor tamaño molecular se evapora más rápidamente que el etanol (Palomar, Acenologia, 2006).

En el caso de maderas alternativas como el nogal (*Juglans regia*) y el capulí (*Prunus serotina*), sus propiedades físicas y químicas difieren significativamente de las del roble tradicional, generando efectos distintos durante el envejecimiento del vino. La madera de nogal, por ejemplo, se caracteriza por presentar una densidad media, grano fino y una estructura compacta, lo que podría limitar la evaporación de compuestos volátiles y favorecer una maduración más lenta y controlada del vino (Loewe & Gonzales, 2001). Además, estudios sobre métodos de

extracción aplicados al nogal evidencian su riqueza en compuestos fenólicos, especialmente antioxidantes, los cuales podrían transferirse al vino durante su crianza y contribuir al perfil sensorial y a la estabilidad oxidativa del producto final (Terán, 2023).

Por su parte, la madera de capulí, caracterizada por una porosidad mayor y una textura más abierta, permite una mayor interacción entre el vino y el ambiente. Esta permeabilidad puede incrementar la microoxigenación y acelerar la evolución aromática del vino, lo que resulta beneficioso en procesos de crianza más breves.

Además, estudios sobre *Prunus serotina* han evidenciado que sus compuestos fenólicos, especialmente las antocianinas, no solo aportan actividad antioxidante, sino que también contribuyen a enriquecer el perfil organoléptico con matices frutales y un ligero dulzor. Por ello, la elección de la madera para crianza no debe basarse únicamente en sus características estructurales, sino también en los objetivos enológicos y el estilo deseado del vino (Baños Gaibor, 2017).

7.1.1.12 Cesión de compuestos de la madera al vino

Las barricas transfieren al vino una variedad de compuestos fenólicos y aromáticos que modifican su perfil sensorial, la clase y cantidad de estas sustancias depende del tipo de madera, el secado, el tostado, el pH del vino y su grado alcohólico, maderas alternativas como el nogal y el capulí poseen perfiles químicos distintos al roble, lo que puede generar nuevos matices en el vino envejecido, se ha demostrado que atributos como vainilla, coco, madera, ahumado, especiado y tostado están estrechamente relacionados con la interacción entre el vino y la madera (Vino., 2016).

7.1.1.13 Evolución de los tratamientos de madera de tonelería

Los tratamientos a los cuales es sometida la madera en tonelería pueden condicionar posteriormente la calidad enológica de la barrica. En primer lugar, es necesario seleccionar los árboles de los que se va a obtener la madera, y cortarlos de forma adecuada para poder obtener las duelas que van a conformar la barrica. Una vez obtenidas las duelas es necesario secar apropiadamente la madera para proceder a la siguiente fase, la de montaje de la barrica, curvado y tostado de las duelas (Martinez, 2017). Tradicionalmente, la madera utilizada en tonelería, especialmente el roble, ha sido sometida a tratamientos específicos como el secado natural al aire, el tostado controlado y la curvatura mediante vapor o fuego. Estos procesos no solo mejoran la trabajabilidad de la madera, sino que también modifican su composición química, impactando directamente en la cesión de

compuestos al vino. Durante el tostado, se produce la degradación térmica de hemicelulosas y lignina, lo que genera compuestos volátiles como furfural, vainillina, eugenol y whiskylactonas, responsables de los aromas tostados, especiados, a coco o vainilla que caracterizan a los vinos envejecidos en barrica (Zamora, 2003).

En el contexto de especies maderables alternativas como el nogal (*Juglans regia*) y el capulí (*Prunus serotina*), la aplicación de estos tratamientos cobra especial relevancia. Al no existir una estandarización para estas maderas en enología, es fundamental analizar cómo el proceso de tostado afecta la liberación de compuestos fenólicos y aromáticos, y si su respuesta térmica es comparable a la del roble, además, la duración y condiciones del secado podrían modificar la porosidad y estructura interna, afectando la microoxigenación y la transferencia de sustancias al vino (Terán, 2023).

Estudiar la evolución y adaptación de los tratamientos tradicionales de tonelería a estas nuevas maderas representa un paso clave para su validación enológico-técnica. Comprender cómo el tostado modifica los perfiles aromáticos, y cómo la densidad y el grano de nogal y capulí responden a estas técnicas, permitirá establecer criterios para su posible incorporación en el mercado como alternativas sostenibles y diferenciadas al roble.

7.1.1.14 Selección y corte de la madera

La construcción de barricas requiere una adecuada selección de la madera, siendo el roble la especie más empleada debido a sus características físico-mecánicas y enológicas. La madera destinada a tonelería debe ser flexible al someterse a calor, impermeable a los líquidos, pero permeable a los gases, presentar buenas propiedades estructurales y aportar compuestos aromáticos y gustativos al vino, como vainilla, coco, notas ahumadas y tostadas, además de contribuir con astringencia moderada sin añadir amargor.

La selección del árbol se realiza considerando su apariencia externa y, posteriormente, sus propiedades internas., tras la tala, se aprovecha principalmente la parte baja del tronco, libre de nudos, para evitar fugas y oxidaciones. Los troncos se seccionan en piezas de entre 35 y 50 cm y luego se procede al corte, que puede variar según la especie. En el caso del roble americano (*Quercus alba*), se utiliza el aserrado mecánico, lo que ofrece mayor rendimiento y una mayor impregnación del vino en la madera, facilitando la cesión de taninos. Por otro lado, el roble europeo suele ser hendida para respetar el radio medular, obteniendo una madera más estable y con menor permeabilidad. (Prat García, 2022)

7.1.1.15 Secado de la madera

El secado de la madera destinada a la fabricación de barriles es una etapa esencial en la preparación de las duelas, pues determina la calidad de los compuestos que luego podrán transferirse al vino. Las duelas se apilan al aire libre durante un período que puede variar entre 18 y 36 meses, pasando de un contenido de humedad inicial del 35–60 % hasta un rango del 12–18 % tras el secado natural (García, 2021). Este proceso gradual permite una contracción controlada de las fibras, mejora las propiedades mecánicas de la madera y reduce los taninos agresivos, como los elagitaninos, al mismo tiempo que potencia los compuestos aromáticos deseables.

Durante el secado, la exposición al sol, la lluvia, las fluctuaciones térmicas y la acción de microorganismos (especialmente hongos superficiales) facilita la lixiviación y degradación oxidativa e hidrolítica de compuestos vegetales, mejorando el perfil organoléptico de la madera y disminuyendo su amargor y astringencia. Además, estudios han demostrado que este secado natural aporta ventajas sensoriales y estructurales superiores a métodos artificiales, como el secado en estufa o mixto (Almeida, 2013).

En el caso de especies alternativas como el nogal (*Juglans regia*) y el capulí (*Prunus serotina*), se debe analizar cómo responden a estas condiciones de secado prolongado. Es fundamental investigar si estos procesos logran modificaciones químicas y físicas similares a las observadas en el roble, especialmente en cuanto a la reducción de compuestos agresivos, desarrollo de actividad fúngica benéfica y mejora aromática, lo que podría determinar su idoneidad para la elaboración de barricas enológica-técnicamente viables.

7.1.1.16 Curvado, tostado y construcción de la barrica

En la fabricación de barricas, el curvado de las duelas puede realizarse mediante vapor o mediante el quemado de su cara interna, técnica que influye directamente en las características que la madera transmitirá al vino durante su crianza. El quemado provoca alteraciones en la estructura y composición química del roble, generando compuestos volátiles y aromáticos que no están presentes en la madera sin tratar. Dependiendo de la intensidad del tostado ligero, medio o fuerte se producen diferentes profundidades de modificación y distintos efectos sobre el vino. El tostado ligero afecta superficialmente (3 a 5 mm), mientras que el fuerte puede llegar a carbonizar las capas externas. Durante este proceso, componentes como la lignina se transforman en compuestos aromáticos como la vainillina y otros aldehídos, siendo los 150 °C la temperatura óptima para su formación. Sin embargo, si la madera se carboniza en exceso, se

produce una pérdida significativa de estos compuestos, afectando negativamente al potencial aromático del vino (Braga, 2020).

7.1.1.17 Influencia de la madera en las características del vino

La madera siempre ha estado muy ligada al vino. Al principio, se usaba simplemente como un material práctico para almacenar y transportar el vino. Sin embargo, con el tiempo se fueron descubriendo los efectos positivos que tiene su contacto con el vino: no solo modifica algunas de sus características, sino que además puede mejorar notablemente su calidad. Para fabricar las duelas de las barricas, se seleccionan únicamente árboles que han alcanzado un buen desarrollo y cuentan con un duramen amplio. El tamaño de los poros en la madera depende sobre todo de la velocidad con la que creció el árbol. El roble es, sin duda, la madera más utilizada en todo el mundo para hacer barricas, y eso se debe a que en el mundo del vino hay un acuerdo general sobre sus excelentes propiedades físicas y el carácter aromático que aporta al vino (Sanza & Alamo, 2018).

7.1.1.18 Propiedades enológicas del nogal (*Juglans regia*)

La madera de nogal ha sido poco explorada en el ámbito enológico, sin embargo, diversos estudios han comenzado a destacar su potencial para el envejecimiento del vino. Se ha identificado que esta especie contiene compuestos fenólicos como taninos hidrolizables, flavonoides y lignanos, los cuales podrían influir favorablemente en la estabilidad del color, la astringencia y la capacidad antioxidante del vino, características fundamentales en su evolución durante la crianza. Además, se ha reportado la presencia de compuestos volátiles como el eugenol en la madera de nogal, lo que podría aportar notas especiadas, terrosas o ligeramente dulces al perfil aromático del vino, de manera similar a otras maderas utilizadas tradicionalmente como el roble. Aunque aún se requieren estudios más específicos sobre su comportamiento en contacto directo con el vino, la composición química del nogal lo posiciona como una alternativa prometedora para la tonelería (Calapiña, 2014).

7.1.1.19 Potencial enológico del capulí (*Prunus serotina*)

El capulí es una especie frutal originaria de América que ha sido tradicionalmente valorada por su uso alimenticio, pero recientemente ha ganado interés en el ámbito científico por su alto contenido de compuestos bioactivos. Investigaciones realizadas por (Soto-García, 2020). Han revelado que tanto en estado intermedio como maduro, los frutos del capulí presentan una elevada concentración de compuestos fenólicos totales, flavonoides y antocianinas. Estos

compuestos están estrechamente relacionados con su destacada capacidad antioxidante, medida a través de ensayos tipo DPPH y FRAP, los cuales reflejan un alto potencial para la prevención de la oxidación. Este perfil fitoquímico resulta clave en aplicaciones enológicas, ya que podría contribuir a la estabilidad oxidativa del vino durante su envejecimiento, protegiendo compuestos aromáticos y colorantes sensibles.

Además, el estudio reporta que la actividad antioxidante del capulí se encuentra altamente concentrada en la cáscara del fruto, lo cual sugiere que el uso de extractos derivados de esta parte podría ser particularmente eficaz en aplicaciones tecnológicas como la crianza en barricas. Si bien aún no se dispone de estudios específicos sobre la madera del capulí en tonelería, su composición sugiere que puede aportar notas sensoriales únicas, además de beneficios antimicrobianos. Esto convierte al capulí no solo en una opción localmente accesible y sostenible, sino también en una alternativa prometedora frente al uso exclusivo del roble en la elaboración de vinos con características diferenciadas.

8 MARCO CONCEPTUAL

Acidez total: Parámetro que representa la concentración total de ácidos orgánicos presentes en el vino. Es un indicador fundamental de estabilidad, frescura y equilibrio sensorial, especialmente durante el envejecimiento (Hidalgo Togo, 2011).

Acidez volátil: Fracción de la acidez compuesta principalmente por ácido acético. Su incremento excesivo puede asociarse a alteraciones microbiológicas que afectan negativamente la calidad del vino. (Arequipa, 2018)

Aldehídos: Compuestos aromáticos generados durante la fermentación y la crianza. En el envejecimiento en madera contribuyen al desarrollo de notas oxidativas y complejidad sensorial (Zamora, 2003).

Aroma terciario: Conjunto de aromas desarrollados durante el envejecimiento del vino, asociados a reacciones químicas y a la interacción con la madera, tales como notas especiadas, tostadas o avainilladas (Gayon, 2006)

Barril de envejecimiento: Recipiente de madera utilizado para la crianza del vino, cuya función principal es permitir la micro oxigenación controlada y la transferencia de compuestos fenólicos y aromáticos desde la madera hacia el vino (Jackson, 2014)

Capulí (*Prunus serotina*): Especie forestal andina con potencial para la fabricación de barriles alternativos, debido a su contenido de compuestos fenólicos antioxidantes que podrían influir en la estabilidad y perfil sensorial del vino (Gómez-Plaza, 2011)

Celulosa: Principal polisacárido estructural de la madera. Aunque no aporta compuestos aromáticos directamente, forma parte de la matriz lignocelulósica que condiciona la porosidad del barril. (Baños Gaibor, 2017)

Crianza oxidativa: Tipo de envejecimiento en el que el vino evoluciona mediante una interacción controlada con el oxígeno, favoreciendo la polimerización de taninos y la estabilización del color (Zamora, 2003).

Compuestos fenólicos: Sustancias presentes en la uva y en la madera que influyen en el color, la astringencia, la capacidad antioxidante y la estabilidad del vino (Hidalgo Togores, 2011).

Envejecimiento en madera: Proceso en el cual el vino permanece en contacto con barriles de madera, generando modificaciones fisicoquímicas y sensoriales debido a la transferencia de compuestos y al intercambio gaseoso (Ribéreau & Gayon, 2006).

Evaluación sensorial: Herramienta utilizada para medir atributos organolépticos del vino como aroma, sabor, color, cuerpo y aceptación general mediante paneles de catadores o consumidores (Lawless & Heymann, 2010).

Juglans regia (Nogal): Madera alternativa al roble evaluada por su composición fenólica y su capacidad de aportar notas sensoriales diferenciadas durante el envejecimiento del vino (Crespón Lechón, 2024).

Lignina: Componente estructural de la madera que, al degradarse durante el tostado, origina compuestos aromáticos como vainillina y eugenol, importantes en la crianza del vino (Zamora, 2003).

Microoxigenación: Entrada lenta y controlada de oxígeno a través de los poros de la madera, favoreciendo la suavización de taninos y la evolución aromática (Hidalgo Togores, 2011)

Taninos: Compuestos fenólicos responsables de la estructura y astringencia del vino, provenientes de la uva y de la madera durante la crianza (Almeida, 2013)

Tostado de barriles: Tratamiento térmico aplicado a la madera antes de su uso, que modifica la liberación de compuestos aromáticos y fenólicos al vino. (Cañas, 2017)

Vino tinto: Vino elaborado con fermentación en presencia de hollejos, rico en antocianinas y taninos, con mayor aptitud para envejecimiento prolongado. (Balmoral, 2024)

Vino blanco: Vino elaborado generalmente sin contacto prolongado con hollejos, caracterizado por perfiles aromáticos frescos y menor contenido tánico. (Córdova, 2016)

9 METODOLOGÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

9.1 Tipos de investigación

9.1.1 Investigación Exploratoria

La presente investigación se considera de tipo exploratoria, debido a que el uso de maderas alternativas como el nogal (*Juglans regia*) y el capulí (*Prunus serotina*) en el envejecimiento de vino constituye un campo poco estudiado en el contexto local y nacional. En este sentido, el estudio buscó generar información inicial sobre el potencial enológico de estas especies maderables y su influencia en la evolución fisicoquímica y sensorial del vino tinto y blanco durante la crianza.

Este carácter exploratorio permitió establecer antecedentes científicos sobre el comportamiento del vino en contacto con estas maderas, aportando bases para futuras investigaciones orientadas a la diversificación de materiales utilizados en barriles de envejecimiento.

9.1.2 Investigación Experimental

La investigación experimental consiste en la manipulación de una o más variables experimentales no comprobadas, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular (Grajales, 2000). Es por ello que se aplicó un diseño experimental factorial $a \times b \times c$ (2 repeticiones) dándonos los siguientes factores: factor (a) tipos de madera, factor (b) tipo de vinos y el factor (c) tiempo de envejecimiento.

9.2 Métodos de investigación

9.2.1 Método Mixto

El presente estudio se basó en una investigación de enfoque mixto, combinando el análisis cuantitativo de las características fisicoquímicas y la evaluación cualitativa sensorial del vino envejecido. Asimismo, se desarrolló como un estudio exploratorio y experimental, al evaluar el uso de barriles de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*) como maderas alternativas, con el fin de determinar su influencia en el envejecimiento de vino tinto y blanco.

9.2.2 Método cualitativo

El método cualitativo de la presente investigación se incorporó mediante la evaluación sensorial del vino envejecido en barriles de madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*). Este enfoque permitió analizar la percepción de los atributos organolépticos del producto final, tales como aroma, sabor, color y aceptación general, considerando la experiencia y apreciación de los evaluadores, de esta manera, se complementó el análisis fisicoquímico, aportando una interpretación integral sobre la calidad sensorial del vino durante el proceso de envejecimiento.

9.2.3 Método cuantitativo

El método cuantitativo de esta investigación se fundamentó en la obtención de datos objetivos y medibles mediante la determinación de variables fisicoquímicas del vino durante su envejecimiento en barriles elaborados con madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*). Entre los parámetros evaluados se incluyeron el pH, la acidez, el grado alcohólico y el color, los cuales permitieron analizar numéricamente la evolución del vino tinto y blanco bajo diferentes condiciones de crianza.

Este enfoque facilitó la comparación entre tratamientos establecidos en función del tipo de madera, el tipo de vino y el tiempo de envejecimiento, así como la identificación del mejor tratamiento mediante el análisis estadístico de los resultados obtenidos. De esta manera, se determinó el impacto de estos factores sobre las características fisicoquímicas del producto final.

9.2.4 Método Deductivo

En esta investigación se empleó el método deductivo, ya que el estudio partió de conocimientos generales establecidos en enología, los cuales indican que el envejecimiento del vino en barriles de madera produce modificaciones en sus características fisicoquímicas y sensoriales debido a la transferencia de compuestos propios del material lignocelulósico.

A partir de estos fundamentos teóricos, se planteó de manera particular que maderas alternativas como el nogal (*Juglans regia*) y el capulí (*Prunus serotina*) podrían generar efectos específicos en el vino tinto y blanco durante su crianza. Posteriormente, esta hipótesis fue comprobada mediante un diseño experimental factorial, evaluando variables fisicoquímicas como pH, acidez, grado alcohólico y color, así como la aceptación sensorial, con el fin de determinar el mejor tratamiento.

9.2.5 El método hipotético-deductivo

El método hipotético-deductivo es aquel que parte de una hipótesis o explicación inicial, para luego obtener conclusiones particulares de ella, que son a su vez sometidas a experimentos para corroborar o refutar la hipótesis.

En la investigación se planteó la hipótesis científica H_0 = El uso de madera de nogal (*Juglans Regia*) y Capulí (*Prunus serotina*), el tipo de vino y el tiempo de envejecimiento no influyen en las propiedades físico químicas y sensoriales del vino.

H_1 = El uso de madera de nogal (*Juglans Regia*) y Capulí (*Prunus serotina*), el tipo de vino y el tiempo de envejecimiento sí afectan las propiedades físico químicas y sensoriales del vino. Para determinar si generan o no efectos específicos en el vino.

9.3 Técnicas de investigación

9.3.1 Observación

En la presente investigación se utilizó la técnica de observación ya que permite realizar un seguimiento sistemático de los cambios que experimentaron los vinos tinto y blanco a lo largo del tiempo de crianza, identificando variaciones visibles relacionadas con el color, la claridad y otras características organolépticas preliminares.

Asimismo, la observación fue aplicada durante la evaluación sensorial, ya que facilitó registrar de manera ordenada las percepciones de los evaluadores respecto a atributos como aroma, sabor y aceptación general.

9.3.2 Encuestas

La encuesta es una técnica de investigación ampliamente utilizada para obtener información sistemática mediante la aplicación de un conjunto de preguntas estructuradas a una muestra de participantes, con el fin de conocer actitudes, percepciones y características específicas de un grupo en relación con un tema de estudio (Anguita, 2003)). En el presente estudio, esta técnica permitirá evaluar el análisis sensorial del vino a través de una encuesta de catación, en la cual se medirán parámetros como el aroma, sabor, color y textura del vino, obteniendo datos que reflejen las percepciones de los evaluadores sobre las muestras sometidas al proceso de envejecimiento.

9.4 Instrumentos de investigación

9.4.1 Ficha de observación

Para llevar un registro de las observaciones que se encuentre en cada tratamiento del envejecimiento de vino.

9.4.2 Encuesta sensorial (escala hedónica)

La encuesta sensorial se aplicó mediante una escala hedónica estructurada, con el objetivo de evaluar la aceptación de los vinos en función de sus características sensoriales. A través de esta herramienta se analizarán atributos como aroma, sabor, color y textura, utilizando categorías de respuesta que permiten expresar el grado de agrado percibido por los evaluadores. Este método es apropiado para estudios enológicos, ya que proporciona información clara y comparable sobre la preferencia sensorial de los productos evaluados, la misma ficha se encuentra en la parte de anexos.

9.5 Metodología del proceso de la fabricación de los barriles

La elaboración de barriles de madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*) inicia con una cuidadosa selección de la materia prima, donde se eligen árboles con buen desarrollo, duramen maduro y características estructurales adecuadas con el siguiente proceso.

Selección de la madera. Esta se realiza eligiendo árboles maduros (entre 30 a 50 años de maduración) con grano fino, sin nudos, grietas o enfermedades, asegurando una madera de alta calidad que no afecte negativamente el vino durante su crianza.

Secado. Puede hacerse naturalmente al aire libre durante 12 a 24 meses, o en hornos con temperatura controlada (50–60 °C). El objetivo es reducir la humedad de la madera a un 12–16 %, para prevenir deformaciones y lograr una buena trabajabilidad. En nuestro caso de nuestra madera de capulí se le realizo el secado en hornos y la madera de nogal de forma natural ya que esta madera ya es mejor tratada y más usaba para los envejecimientos.

Corte y preparación de duelas. Una vez seca, se realiza el corte y preparación de duelas. Las piezas se cortan en tablas (duelas) de las siguientes dimensiones de la madera de nogal 20 cm x 4 cm x 1 cm en cambio de la madera de capulí son poco más largas las duelas 25 cm x 4 cm x 1 cm pero depende del tamaño y volumen que necesiten los barriles, y se les da una forma curva inicial. Los bordes se biselan para permitir un ajuste preciso en el ensamblaje.

Ensamblaje preliminar de las duelas. Luego, se realiza el ensamblaje preliminar de las duelas. Se colocan en forma circular utilizando aros metálicos, formando la estructura base del barril. En este punto, el barril tiene una forma cónica abierta.

Curvado térmico. Posteriormente, se realiza el curvado térmico. Este paso utiliza vapor de agua o fuego con lo que se produce con caña blanca (aguardiente) de 61° mínimo o puede ser más directo para ablandar la madera y permitir que las duelas tomen su forma curvada definitiva sin agrietarse. Este proceso también inicia la modificación química interna de la madera.

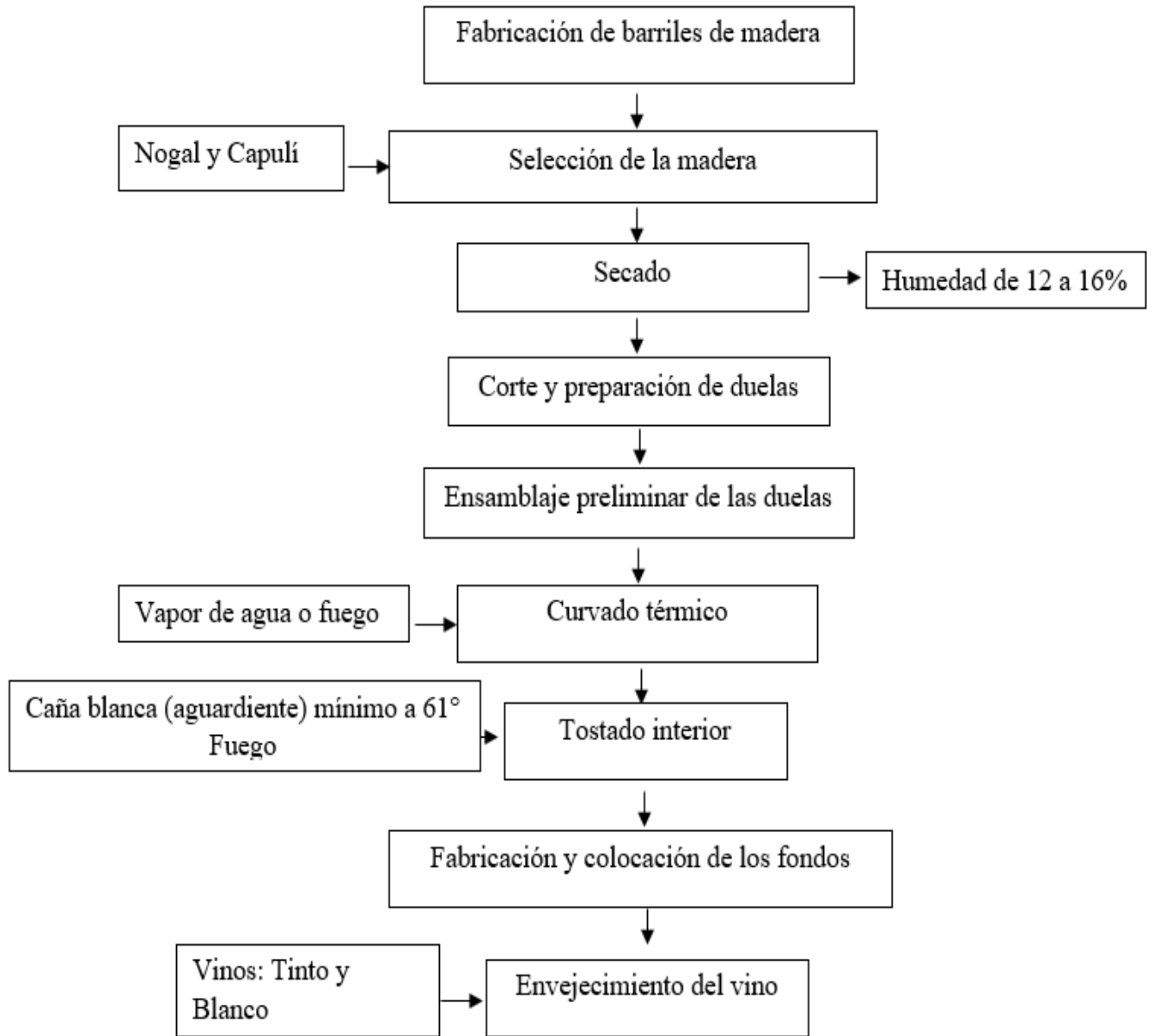
Tostado interior. Una vez conformado el barril, se realiza el tostado interior mediante la aplicación de fuego directo en las duelas. Previamente, la madera se humedece con caña blanca (61°) para facilitar su curvado y evitar fisuras. Este proceso dura aproximadamente 30 minutos. El nivel de tostado (ligero, medio o intenso) determina la formación de compuestos aromáticos como vainillina, furfural y lactonas, que serán transferidos al vino durante el envejecimiento. Finalmente, se cierra el barril mediante presión estructural y se colocan los sunchos metálicos para asegurar su estabilidad (Bretón, 2017).

Fabricación y colocación de los fondos. A continuación, se realiza la fabricación y colocación de los fondos. Estas tapas circulares se elaboran con la misma madera se colocan las tapas y asegurando la hermeticidad de ambos extremos del barril. Y por último hacemos la prueba de la humedad se deja el barril por 24 horas en agua para que se hinche la madera y con los sunchos previamente puestos le va a dar la fuerza para que se selle cualquiera tipo de filtración.

Envejecimiento del vino. Se coloca el vino tinto y blanco para el envejecimiento en los barriles de madera de nogal y capulí a temperatura ambiente en un lugar oscuro.

9.5.1 Diagrama de flujo

Ilustración 1 Diagrama de flujo de la elaboración de los barriles



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

9.6 Metodología del proceso para la elaboración de los vinos.

9.6.1 Metodología del proceso para la elaboración del vino tinto

Selección y recepción de la materia prima. La uva destinada a la elaboración de vino tinto debe cosecharse cuando alcanza su punto óptimo de madurez tecnológica, el cual se caracteriza por presentar sólidos solubles entre 22 y 25 °Brix, valor que garantiza una graduación alcohólica potencial aproximada de 12–14 % v/v; un pH comprendido entre 3,2 y 3,6, que favorece la estabilidad microbiológica y la intensidad del color; y una acidez titulable entre 5,5 y 7,0 g/L expresada en ácido tartárico, rango que asegura equilibrio sensorial y frescura en el vino. Estos parámetros permiten obtener un mosto con adecuada relación azúcar/acidez, fundamental para lograr fermentaciones estables y un perfil enológico equilibrado.

Despalillado y estrujado. Aquí se eliminan los escobajos (los tallos) y se rompen suavemente los granos para liberar el mosto, teniendo cuidado de no dañar las semillas, ya que podrían aportar sabores amargos o astringentes no deseados.

Maceración. Luego, se realiza una maceración prefermentativa en frío, manteniendo las uvas a temperaturas entre 5 y 10 °C durante 24 a 72 horas. Esta técnica permite extraer de manera selectiva compuestos como las antocianinas (responsables del color), los aromas primarios y otros compuestos fenólicos importantes, sin iniciar aún la fermentación.

Fermentación. La siguiente etapa es la fermentación alcohólica, donde las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* transforman los azúcares del mosto en alcohol y dióxido de carbono. Esta fase se lleva a cabo a temperaturas controladas, entre 25 y 28 °C, para conservar los aromas característicos de la variedad de uva.

Una vez finalizada la fermentación, se realiza el descube, que consiste en separar el vino líquido del orujo. Este orujo se prensa cuidadosamente para obtener el llamado “vino prensa”, que suele tener mayor concentración.

Fermentación maloláctica. En la que las bacterias lácticas convierten el ácido málico (más agresivo) en ácido láctico, lo que contribuye a suavizar la acidez y a estabilizar el perfil sensorial del vino.

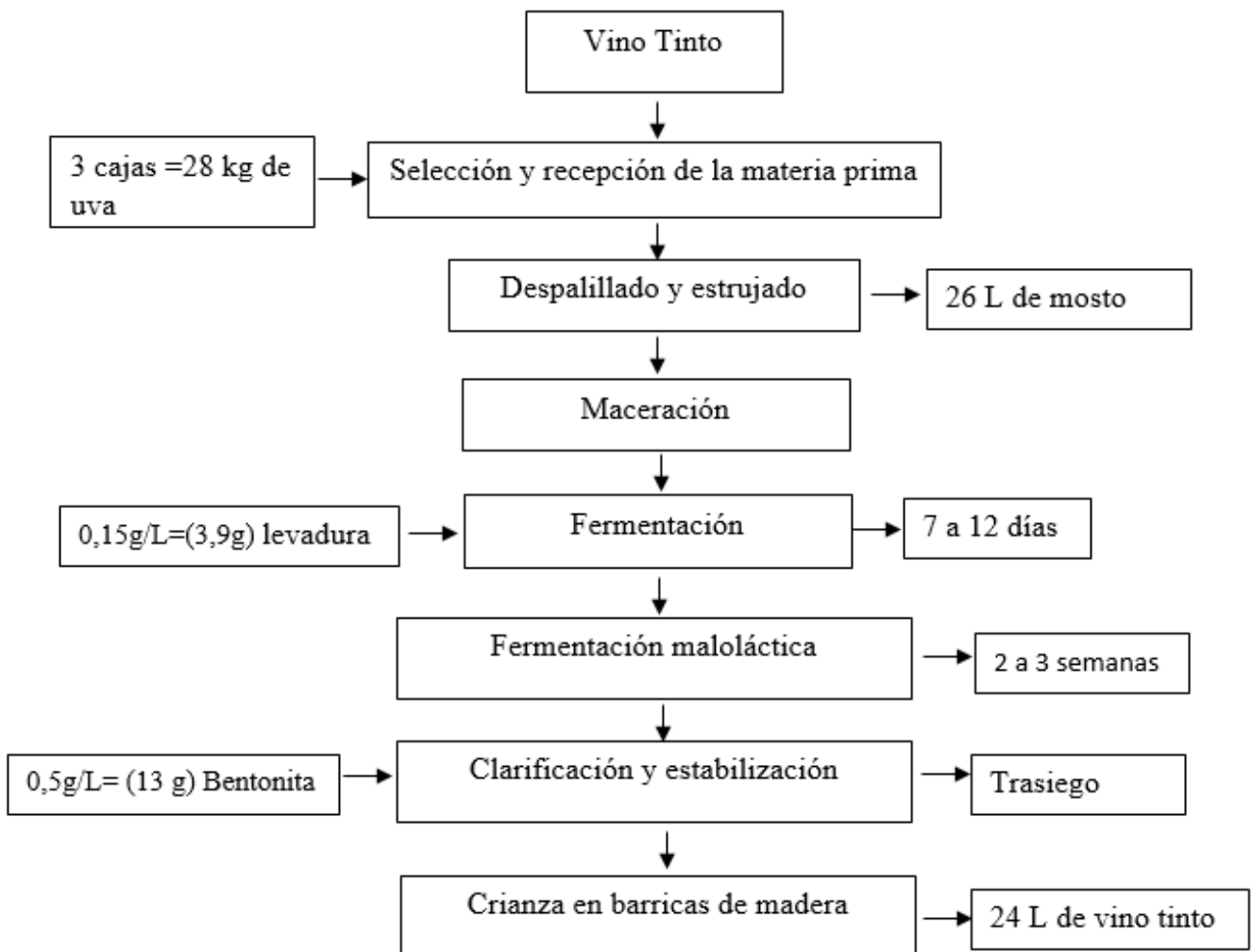
Clarificación y estabilización. La clarificación y estabilización del vino tinto se realiza con el propósito de asegurar su limpidez y estabilidad físico-química antes de la crianza o el embotellado. En esta etapa se efectúan trasiegos periódicos para eliminar sedimentos y lías, y se adiciona dióxido de azufre manteniendo un SO₂ libre entre 25 y 35 mg/L y un SO₂ total

generalmente inferior a 150 mg/L, garantizando protección frente a la oxidación y al desarrollo de microorganismos indeseados. El pH del vino debe mantenerse en un rango de 3,4 a 3,8, favoreciendo la estabilidad del color y la eficacia del sulfuroso.

Crianza en barricas de madera. Finalmente, el vino se somete a una crianza en barricas de madera, que en este caso son de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*). Durante este periodo, que puede durar entre 3 y 12 meses o incluso más, el vino evoluciona lentamente gracias a la microoxigenación natural que permite la madera. Al mismo tiempo, se produce una transferencia de compuestos aromáticos y fenólicos desde la madera al vino, lo que modifica su perfil sensorial, aporta complejidad, suaviza los taninos y enriquece el color (Melero, 2009).

9.6.1.1 Diagrama de flujo

Ilustración 2 Diagrama de flujo de la elaboración del vino tinto



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

9.6.2 Metodología del proceso para la elaboración del vino blanco

La elaboración del vino blanco busca resaltar los aromas y la frescura natural de la uva, por lo que cada etapa del proceso está pensada para evitar la oxidación y la extracción excesiva de compuestos como los taninos.

Selección y recepción de la materia prima. La elaboración del vino blanco requiere que la uva sea cosechada en su punto óptimo de madurez tecnológica, presentando 18 a 22 °Brix, lo que permite obtener vinos con una graduación alcohólica aproximada de 11–13 % v/v; un pH entre 3,0 y 3,4, que favorece la frescura y estabilidad microbiológica; y una acidez titulable de 6,0 a 8,0 g/L expresada en ácido tartárico, garantizando un perfil sensorial equilibrado y mayor vivacidad. A diferencia del vino tinto, en el vino blanco se busca minimizar el contacto con los hollejos para evitar la extracción de taninos y compuestos fenólicos, además de trabajar a temperaturas bajas (10–18 °C durante fermentación) y en condiciones controladas para reducir la oxidación y preservar los aromas primarios característicos de la variedad.

Despalillado. Se separan los granos del racimo, y luego se realiza un prensado suave. Esta parte es crucial, ya que se busca extraer el jugo (mosto) sin romper semillas o partes verdes que podrían aportar sabores amargos o herbáceos al vino.

Con el mosto ya obtenido, se lleva a cabo el desfangado, que consiste en separar el zumo de uva recién prensado de los restos sólidos o turbios (hollejos, pepitas, pulpa) antes de la fermentación. Este proceso puede hacerse mediante sedimentación en frío o flotación, y es clave para lograr un vino blanco limpio y aromático.

Fermentación. Luego, el mosto limpio se traslada a tanques donde se agregan las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* para iniciar la fermentación. Esta se lleva a cabo a bajas temperaturas entre 12 y 18 °C, lo que permite conservar los aromas frutales y florales propios de la uva.

Fermentación maloláctica. En el vino blanco, la fermentación maloláctica es un proceso opcional en el que el ácido málico se transforma en ácido láctico mediante bacterias como *Oenococcus oeni*, lo que reduce la acidez y aporta mayor suavidad en boca. Sin embargo, en la mayoría de los vinos blancos frescos y jóvenes este proceso se evita para conservar una acidez más viva (6–8 g/L de acidez titulable) y un pH bajo (3,0–3,4), manteniendo así un perfil más ligero, aromático y refrescante.

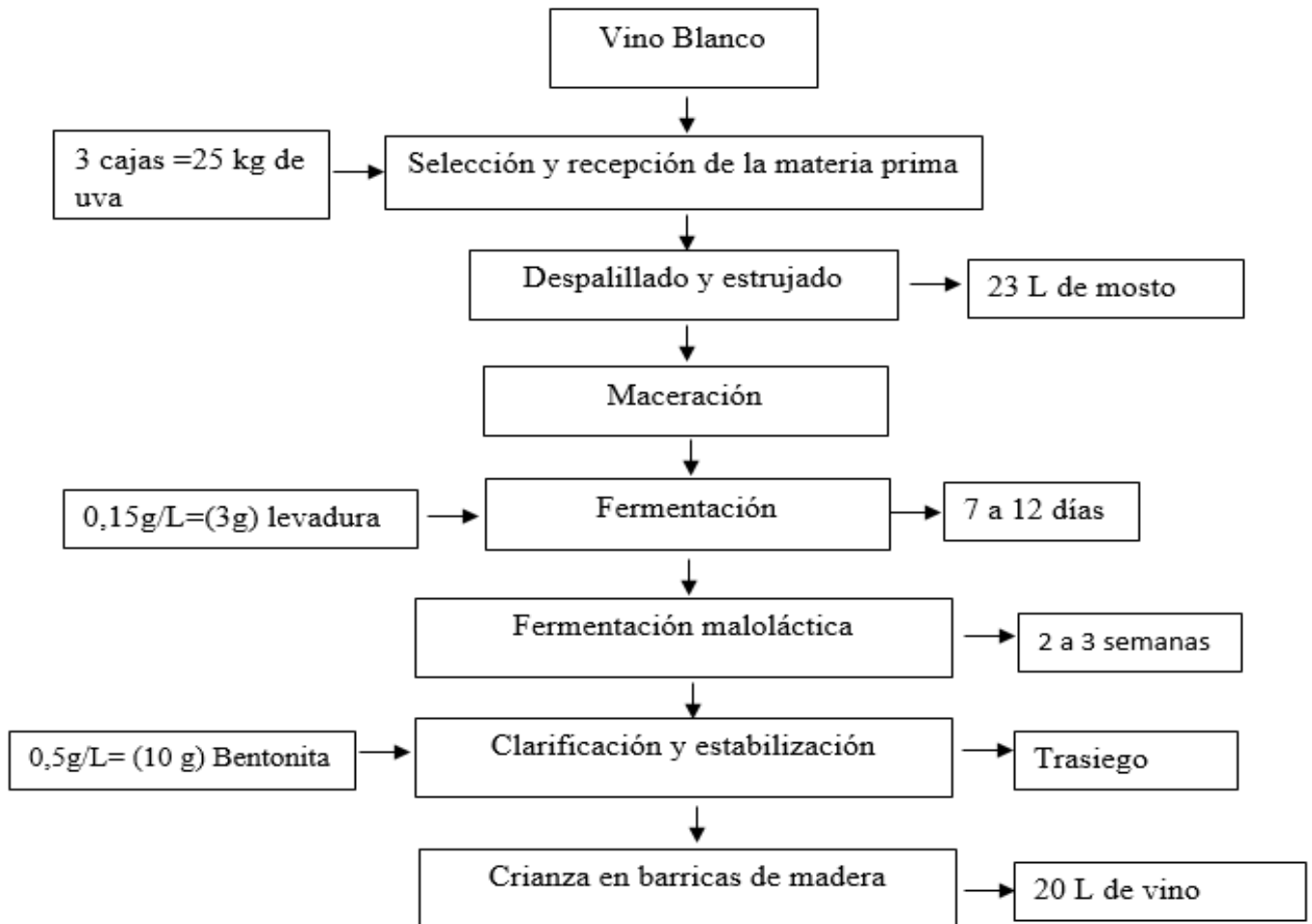
Clarificación y estabilización Una vez finalizada la fermentación, el vino blanco se somete a clarificación y estabilización mediante trasiegos para eliminar lías gruesas. Para evitar

precipitaciones futuras de cristales de bitartrato de potasio, se realiza estabilización tartárica por frío, manteniendo el vino a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 1 a 2 semanas. Para prevenir turbidez por proteínas inestables, se aplica estabilización proteica mediante bentonita, en dosis aproximadas de 30–100 g/hL según ensayo previo. Asimismo, se ajusta el SO_2 libre a 25–35 mg/L para protección antioxidante y microbiológica. En algunos estilos se realiza crianza sobre lías finas con removidos periódicos (*batonnage*) durante varias semanas, favoreciendo mayor volumen en boca y estabilidad coloidal. Finalmente, el vino se somete a filtración final con membranas de 0,45–0,65 μm antes del embotellado, asegurando su estabilidad físico-química y microbiológica.

Crianza en barricas de madera. Finalmente, el vino se somete a una crianza en barricas de madera, que en este caso son de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*). Durante este periodo, que puede durar entre 3 y 12 meses o incluso más, el vino evoluciona lentamente gracias a la microoxigenación natural que permite la madera. Al mismo tiempo, se produce una transferencia de compuestos aromáticos y fenólicos desde la madera al vino, lo que modifica su perfil sensorial, aporta complejidad, suaviza los taninos y enriquece el color (Curibanco, 2018).

9.6.2.1 Diagrama de flujo

Ilustración 3 Diagrama de flujo de la elaboración del vino blanco



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

10 HIPÓTESIS O PREGUNTAS CIENTÍFICAS

H_0 = El uso de madera de nogal (*Juglans Regia*) y Capulí (*Prunus serotina*), el tipo de vino y el tiempo de envejecimiento no influyen en las propiedades físico químicas y sensoriales del vino.

H_1 = El uso de madera de nogal (*Juglans Regia*) y Capulí (*Prunus serotina*), el tipo de vino y el tiempo de envejecimiento si afectan las propiedades físico químicas y sensoriales del vino.

11 DISEÑO EXPERIMENTAL.

11.1 Características del diseño experimental

En la presente investigación se aplicó un ADEVA con el diseño factorial $a \times b \times c \times 2$, dando un total de 16 unidades experimentales con el fin de comparar el envejecimiento del vino en barriles de madera mediante los siguientes factores en el que el factor (a) es el tipo de madera, factor (a) es el tipo de vino y el factor (c) es el tiempo de envejecimiento.

El experimento se estructuró a partir de la combinación de los factores en estudio: factor (a) tipo de madera (2 niveles: nogal y capulí), factor (b) tipo de vino (2 niveles: tinto y blanco) y el factor (c) tiempo de envejecimiento (2 niveles), lo que generó un total de 8 tratamientos ($2 \times 2 \times 2$). Cada tratamiento se evaluó con 2 repeticiones, con el propósito de asegurar mayor confiabilidad en los resultados. En consecuencia, se trabajó con un total de 16 unidades experimentales ($8 \text{ tratamientos} \times 2 \text{ repeticiones}$), las cuales fueron sometidas a análisis fisicoquímicos y evaluación sensorial durante el proceso de envejecimiento. niveles cada uno.

11.2 Factores en estudio

Factor (a) Tipos de madera

a_1 = Nogal

a_2 = Capulí

Cada una de las maderas fueron utilizadas para el envejecimiento del vino en tiempos de 2 y 4 meses y poder envasar 4 litros de vino de cada tipo previamente elaboración.

Factor (b) Tipos de vino

b_1 = Tinto

b_2 = Blanco

Los dos tipos de vino fueron incorporados al proceso de envejecimiento en barriles de madera, bajo condiciones controladas y adecuadas de temperatura, humedad y tiempo.

Factor (c) Tiempos de envejecimiento

c_1 = 2 meses

c_2 = 4 meses

11.3 Tratamientos

La Tabla 2 presenta la distribución de los tratamientos correspondientes al diseño experimental factorial $2 \times 2 \times 2$, en el cual se evaluó la influencia del tipo de madera (nogal y capulí), el tipo de vino (tinto y blanco) y el tiempo de crianza (2 y 4 meses), con dos repeticiones por tratamiento, dando un total de 16 unidades experimentales.

Tabla 2 Descripción de tratamientos

Nº	Madera (A)	Vino (B)	Tiempo (C)	Tratamiento	Repetición
1	Nogal	Tinto	2 meses	a1b1c1	1
2	Nogal	Tinto	4 meses	a1b1c2	1
3	Nogal	Blanco	2 meses	a1b2c1	1
4	Nogal	Blanco	4 meses	a1b2c2	1
5	Capulí	Tinto	2 meses	a2b1c1	1
6	Capulí	Tinto	4 meses	a2b1c2	1
7	Capulí	Blanco	2 meses	a2b2c1	1
8	Capulí	Blanco	4 meses	a2b2c2	1
9	Nogal	Tinto	2 meses	a1b1c1	2
10	Nogal	Tinto	4 meses	a1b1c2	2
11	Nogal	Blanco	2 meses	a1b2c1	2
12	Nogal	Blanco	4 meses	a1b2c2	2
13	Capulí	Tinto	2 meses	a2b1c1	2
14	Capulí	Tinto	4 meses	a2b1c2	2
15	Capulí	Blanco	2 meses	a2b2c1	2
16	Capulí	Blanco	4 meses	a2b2c2	2

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

11.4 Características de la unidad experimental

Cada unidad experimental contó con un volumen de 3 litros de vino previo a su envejecimiento en cada uno de los barriles dependiendo del tratamiento.

11.5 Cuadro de variables

En la Tabla 3 se presenta las variables dependientes e independientes consideradas en el proyecto de investigación, tomando en cuenta factores (tipos de madera, tipos de vino y tiempo de envejecimiento) que repercuten en los resultados de las variables respuestas.

Tabla 3 Cuadro de variables

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	Variables de respuesta
Características fisicoquímicas del vino	Tipo de madera (nogal y capulí), Tipo de vino	pH, Acidez total, Grados alcohólicos,	Valores fisicoquímicos obtenidos en laboratorio

	(tinto y blanco), Tiempo de envejecimiento (2 y 4 meses)	Color, Brix	Grados	
Características sensoriales del vino	Atributos sensoriales	Aroma, Color, Textura	Sabor, Nivel de aceptación sensorial según escala hedónica	

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

11.6 Esquema ADEVA del envejecimiento del vino.

En la tabla 4 se presenta el esquema ADEVA para el diseño experimental

Tabla 4 Esquema ADEVA

Fuente de Variación	GL	Fórmulas
Repeticiones	1	$r - 1$
Factor a	1	$a - 1$
Factor b	1	$b - 1$
Factor c	1	$c - 1$
$a \times b$	1	$(a-1)(b-1)$
$a \times c$	1	$(a-1)(c-1)$
$b \times c$	1	$(b-1)(c-1)$
$a \times b \times c$	1	$(a-1)(b-1)(c-1)$
Error Experimental	7	Diferencia (total – grados de libertad)
Total	15	$(A \times B \times C) \times r - 1$

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

12 RESULTADOS Y DISCUSIONES

12.1 Resultados fisicoquímicos previos del envejecimiento del vino tinto de uva negra (*Vitis riparia*)

En la Tabla 5 presentamos los análisis previos del envejecimiento del vino tinto que posteriormente serán colocados en los barriles de madera de capulí y nogal cumpliendo los requisitos de la normativa INEN 372:2016

Tabla 5 Análisis fisicoquímicos previos del envejecimiento del vino tinto

Parámetro	Método	Unidades	Resultado	Requisitos Norma INEN 372:2016	
				Min	Max
Grado alcohólico	INEN 340	% v/v	9,87	8	23

Metanol	OIV-MA-AS312-03B	mg/L	76,69	---	400
Acidez total	OIV-MA-AS313-01	g ácido tartárico/ L	5,09	---	---
Acidez volátil	OIV-MA-AS313-02	g ácido acético/ L	0,06	---	1,5
Anhídrido sulfuroso total	OIV-MA-AS323-04B	mg /L	57,11	---	400
Anhídrido sulfuroso libre	OIV-MA-AS323-04B	mg /L	7,65	---	---
Anhídrido sulfuroso combinado	OIV-MA-AS323-04B	mg /L	49,46	---	---
Polifenoles Totales	AOAC 2017.13 modificado	mg ácido gálico /100 MI	20,51	---	---
Azucares totales	AOAC modificado	977.20 g/L	0,00	---	---
Fructosa			0,00		
Glucosa			0,00		
Sacarosa			0,00		
Lactosa					

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Los resultados fisicoquímicos previos al envejecimiento indican que el vino tinto presenta condiciones adecuadas para someterse a crianza en barrica. El grado alcohólico de 9,87 % v/v, aunque moderado frente a vinos estructurados que suelen superar el 12 %, se encuentra dentro del rango normativo y es suficiente para favorecer la extracción de compuestos fenólicos desde la madera, ya que el etanol actúa como solvente durante la crianza.

La acidez total de 5,09 g/L y la acidez volátil de 0,06 g/L evidencian un vino equilibrado y microbiológicamente estable. En particular, el valor extremadamente bajo de acidez volátil confirma la ausencia de alteraciones bacterianas, condición indispensable antes de ingresar el vino a barrica, donde el contacto con oxígeno podría amplificar defectos preexistentes. (Gayon, 2006)

El contenido de metanol (76,69 mg/L) y el anhídrido sulfuroso total (57,11 mg/L) se encuentran dentro de límites seguros, lo que garantiza inocuidad y adecuada conservación inicial. Sin embargo, el nivel de SO₂ libre (7,65 mg/L) es relativamente bajo para enfrentar el proceso de microoxigenación natural que ocurre en barrica, por lo que sería técnicamente recomendable

ajustarlo a 25–30 mg/L antes del envejecimiento para evitar oxidaciones prematuras, Este ajuste se realiza mediante la adición calculada de metabisulfito de potasio $K_2S_2O_5$, considerando que 1 g de $K_2S_2O_5$ aporta aproximadamente 0,57 g de SO_2 activo, aplicando la dosis según el volumen total de vino y verificando posteriormente la concentración mediante análisis analítico para garantizar precisión en la corrección (Cruz de Aquino, 2012).

El contenido de polifenoles totales (20,51 mg ácido gálico/100 mL) indica una base fenólica suficiente para que ocurran reacciones de polimerización y estabilización del color durante la crianza, proceso fundamental en vinos tintos envejecidos en maderas como *Juglans regia* y *Prunus serótina* (Arequipa, 2018).

Finalmente, la ausencia de azúcares fermentables confirma que el vino está completamente seco, lo cual reduce el riesgo de refermentaciones en barrica. En conjunto, los parámetros analizados demuestran que el vino se encuentra técnicamente apto para someterse a crianza, aunque con la recomendación de ajustar el SO_2 libre para optimizar su estabilidad durante el envejecimiento. (Arequipa, 2018)

12.2 Resultados fisicoquímicos previos del envejecimiento del vino blanco uva verde (*Thompson Seedless*)

En la Tabla 6 presentamos los análisis previos del envejecimiento del vino blanco que posteriormente serán colocados en los barriles de madera de capulí y nogal cumpliendo los requisitos de la normativa INEN 372:2016

Tabla 6 Análisis fisicoquímicos previos del envejecimiento del vino blanco

Parámetro	Método	Unidades	Resultado	Requisitos Norma INEN 372:2016	
				Min	Max
Grado alcohólico	INEN 340	% v/v	8,63	8	23
Metanol	OIV-MA-AS312-03B	mg/L	7,97	---	400
Acidez total	OIV-MA-AS313-01	g ácido tartárico/ L	3,16	---	---
Acidez volátil	OIV-MA-AS313-02	g ácido acético/ L	0,06	---	1,5
Anhídrido sulfuroso total	OIV-MA-AS323-04B	mg /L	20,61	---	400

Anhídrido sulfuroso libre	OIV-MA-AS323-04B	mg /L	8,24	---	---
Anhídrido sulfuroso combinado	OIV-MA-AS323-04B	mg /L	12,37	---	---
Polifenoles Totales	AOAC modificado	2017.13 mg ácido gálico /100 MI	5,96	---	---
Azucares totales	AOAC modificado	977.20 g/L	0,00	---	---
Fructosa			0,00		
Glucosa			0,00		
Sacarosa			0,00		
Lactosa					

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Los resultados fisicoquímicos obtenidos indican que el vino blanco cumple con los parámetros establecidos en la Norma, (NTE INEN, 2016) evidenciando condiciones adecuadas para someterse a un proceso de crianza en barrica.

El grado alcohólico registrado (8,63 % v/v) se encuentra dentro del rango permitido (8–23 % v/v). El contenido de etanol desempeña un papel fundamental en la extracción de compuestos fenólicos y aromáticos de la madera, ya que actúa como solvente favoreciendo la cesión de lactonas, aldehídos fenólicos y derivados de la lignina durante el envejecimiento (Ribéreau-Gayon et al., 2006). Aunque se trata de un valor moderado, permite una transferencia progresiva de compuestos estructurales provenientes de la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*).

La acidez total (3,16 g/L de ácido tartárico) constituye un factor determinante en la estabilidad del vino blanco. La acidez adecuada favorece la frescura, estabilidad microbiológica y resistencia frente a procesos oxidativos durante la crianza (Jackson, 2014). Este equilibrio ácido permitirá una integración armónica de los compuestos fenólicos y aromáticos aportados por la madera.

La acidez volátil (0,06 g/L de ácido acético), muy inferior al límite máximo permitido (1,5 g/L), indica ausencia de alteraciones microbiológicas previas. Esto es relevante, ya que durante la crianza en barrica ocurre un proceso de microoxigenación natural que podría intensificar defectos si el vino no presentara estabilidad inicial (García, 2021)

El contenido de anhídrido sulfuroso total (20,61 mg/L) garantiza protección antioxidante y microbiológica sin impedir la evolución aromática propia del envejecimiento. Niveles moderados de SO₂ permiten controlar oxidaciones indeseadas mientras se desarrollan reacciones de maduración controlada en contacto con la madera (González Hernández, 2010).

En cuanto a los polifenoles totales (5,96 mg ácido gálico/100 mL), aunque los vinos blancos presentan naturalmente menor concentración fenólica que los tintos, estos compuestos participan en reacciones de oxidación controlada y estabilización estructural. La madera aporta taninos elágicos y compuestos aromáticos derivados de la degradación térmica de lignina y hemicelulosa, incrementando complejidad y volumen en boca (Jackson, 2014). En el caso del nogal (*Juglans regia*) y el capulí (*Prunus serotina*), su composición lignocelulósica puede contribuir con perfiles aromáticos diferenciados y estructura adicional al vino.

Finalmente, la ausencia de azúcares residuales (0,00 g/L) confirma que el vino se encuentra completamente fermentado, condición fundamental para evitar refermentaciones durante la crianza y asegurar estabilidad microbiológica

En conjunto, los parámetros analizados demuestran que el vino blanco presenta condiciones químicas y estructurales adecuadas para someterse a un proceso de crianza en barrica, donde la interacción controlada con la madera permitirá el desarrollo de mayor complejidad aromática, estabilidad y volumen en boca.

12.3 Análisis Físicoquímicos de los vinos tintos y vinos blancos envejecidos en los barriles de madera

Se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico de las variables evaluadas en el presente estudio. Los datos fueron procesados mediante el programa InfoStat, aplicando un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5 % , con el fin de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

12.3.1 Resultados del análisis de pH

En la Tabla 7 se presenta el análisis de varianza de la variable pH del vino tinto y blanco a los dos tiempos de envejecimiento de 2 y 4 meses de los dos tipos de madera de nogal y capulí.

Tabla 7 Análisis de varianza de la variable pH

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Repetición	6,2 E-04	1	6,2E-04	0,03	0,8667 ns

Factor a	0,02	1	0,02	0,76	0,4129 ns
Factor b	6,3E-04	1	6,3E-04	0,03	0,8667 ns
Factor c	0,08	1	0,08	3,67	0,0971 ns
Factor a* Factor b	0,01	1	0,01	3,67	0,6176 ns
Factor a* Factor c	6,2E-04	1	6,2E-04	0,27	0,8667 ns
Factor b* Factor c	6,2E-04	1	6,2E-04	0,3	0,8667 ns
Factor a* Factor b*	0,01	1	0,01	0,27	0,6176 ns
Factor c					
Error	0,14	7	0,02		
Total	0,25	15			
CV	3,60				

**: altamente significativo; *: significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio; Factor a: Tipo de madera; Factor b: Tipo de vino; Factor c: Tiempo de envejecimiento

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza para la variable pH muestra que ninguno de los factores evaluados presentó un efecto significativo ($p > 0,05$). El tipo de madera (Factor a), el tipo de vino (Factor b) y el tiempo de envejecimiento (Factor c) no generaron diferencias estadísticas en el pH, lo que indica que esta propiedad se mantuvo estable durante el proceso de crianza. Asimismo, las interacciones entre los factores tampoco fueron significativas, por lo que la combinación de madera, vino y tiempo no produjo cambios importantes en esta variable. El coeficiente de variación obtenido (CV = 3,60%) refleja una adecuada precisión experimental. Estos resultados concuerdan con lo señalado por (Jackson, 2014), quien menciona que durante períodos cortos de envejecimiento en barrica los cambios en pH suelen ser leves y poco significativos. Por tanto, se acepta la hipótesis nula que menciona El uso de madera de nogal (*Juglans Regia*) y Capulí (*Prunus serotina*), el tipo de vino y el tiempo de envejecimiento no influyen en las propiedades físico químicas y sensoriales del vino. permitiendo aceptar la hipótesis nula (H_0) y rechazar la hipótesis alternativa (H_1).

12.3.2 Resultados de los sólidos solubles

En la tabla 8 se presenta el análisis de varianza de la variable solidos solubles del vino tinto y blanco a los dos tiempos de envejecimiento de 2 y 4 meses de los dos tipos de madera de nogal y capulí.

Tabla 8 Análisis de varianza de la variable sólidos solubles

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Repetición	0,01	1	0,01	0,11	0,7498 ns
Factor a	1,6E-03	1	1,6E-03	0,03	0,8646 ns
Factor b	4,02	1	4,02	78,63	**
Factor c	0,38	1	0,38	7,52	0,0288*
Factor a* Factor b	0,04	1	0,04	0,74	0,4170 ns
Factor a* Factor c	0,01	1	0,01	0,16	0,7025 ns
Factor b* Factor c	0,04	1	0,04	0,74	0,4170 ns

Factor a* Factor b*	2,0E-03	1	2,0E-03	0,04	0,8479 ns
Factor c					
Error	0,36	7	0,05		
Total	04,86	15			
CV	5,78				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio; Factor A: Tipo de madera; Factor B: Tipo de vino; Factor C: Tiempo de envejecimiento

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza muestra que el tipo de vino (Factor b) es altamente significativo ($p < 0,0001$), lo que indica que la variación en los sólidos solubles se debe principalmente a la diferencia composicional entre el vino tinto y el vino blanco, independientemente del tipo de madera y del tiempo de envejecimiento. Este comportamiento es consistente con lo señalado por Jackson (2014), quien indica que el vino tinto presenta mayor concentración de compuestos fenólicos y extractivos provenientes de la maceración con los hollejos, lo que incrementa su fracción de sólidos disueltos frente al vino blanco.

El tiempo de envejecimiento (Factor c) también presenta efecto significativo; ($p = 0,0288$), evidenciando que entre 2 y 4 meses de crianza se produjo una modificación cuantificable en los sólidos solubles. Este incremento puede atribuirse a la extracción progresiva de compuestos estructurales desde la madera y a las reacciones de transformación inducidas por la microoxigenación natural en barrica (Ribéreau-Gayon et al., 2006). Es decir, el contacto prolongado con las barricas de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*) generó cambios medibles en la fracción soluble del vino.

En consecuencia, los cambios en sólidos solubles durante la crianza estuvieron determinados específicamente por la naturaleza del vino y el tiempo de contacto en barrica, mientras que el material de la madera no influyó significativamente en esta variable cuantitativa. El coeficiente de variación ($CV = 5,78\%$) demuestra una adecuada precisión experimental, permitiendo rechazar parcialmente la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_1).

En la Tabla 9 se presenta la prueba de Tukey al 5% para el factor a,b,c según la variable de sólidos solubles

Tabla 9 Prueba de Tukey al 5% para el factor a,b,c

Factor A	Factor B	Factor C	Medias	N	E.E	
2	2	2	3,18	2	0,16	A

1	2	2	3,24	2	0,16	A		
2	2	1	3,57	2	0,16	A	B	
1	2	1	3,67	2	0,16	A	B	C
1	1	2	4,22	2	0,16		B	C
2	1	2	4,40	2	0,16		B	C
1	1	1	4,50	2	0,16			C
2	1	1	4,55	2	0,16			C

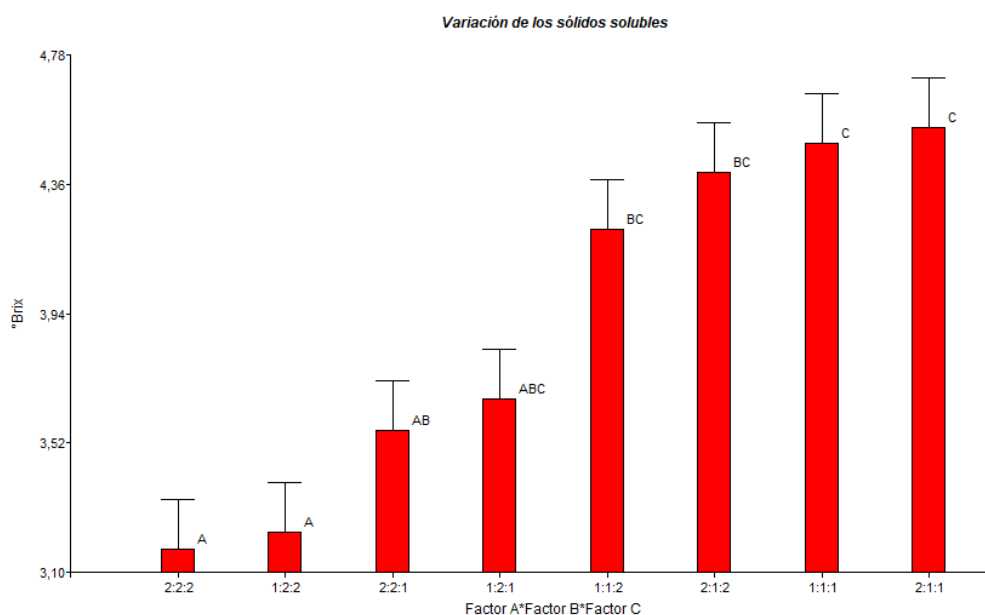
Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% para sólidos solubles mostró que las medias más bajas (3,18–3,24) correspondieron al vino blanco, agrupadas en la categoría A, sin diferencia entre nogal y capulí. En contraste, las medias más altas (4,50–4,55), clasificadas en el grupo C, se asociaron al vino tinto con 2 meses de crianza en ambas maderas, lo que confirma que el incremento en sólidos solubles responde principalmente a la composición del vino y su interacción inicial con la barrica.

Las combinaciones intermedias (3,57–4,40) evidencian la influencia del tiempo de envejecimiento, atribuida a la extracción progresiva y a procesos de microoxigenación propios de la crianza (Bretón, 2017). No se observaron diferencias estadísticas entre *Juglans regia* y *Prunus serotina*, indicando comportamiento similar de ambas maderas en esta variable.

En la Ilustración 5 se observa la variación de los sólidos solubles del vino tinto y del vino blanco

Ilustración 4 Variación de los sólidos solubles



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La Ilustración 5 muestra que las combinaciones correspondientes al vino tinto presentan los valores más altos de sólidos solubles, alcanzando hasta 4,55, mientras que el vino blanco se mantiene en niveles inferiores. Visualmente se aprecia un ligero incremento durante los primeros meses de crianza, asociado a la extracción inicial de compuestos desde la barrica.

Las barras de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*) muestran comportamientos similares, sin diferencias marcadas entre ambas maderas, evidenciando una dinámica comparable durante el envejecimiento.

12.4 Resultado del análisis del color

En la tabla 10 se presenta el análisis de varianza de la variable color por espectrofotometría del vino tinto a los dos tiempos de envejecimiento de 2 y 4 meses de los dos tipos de madera de nogal y capulí.

Tabla 10 Análisis de varianza de la variable color por espectrofotometría del vino tinto

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,4E-03	3	1,1E-03	1,77	0,2924 _{ns}
Factor A	3,2E-03	1	3,2E-03	4,87	0,0919 _{ns}
Factor C	2,8E-04	1	2,8E-04	0,43	0,5498 _{ns}
Factor A * Factor C	1,1E-06	1	1,1E-06	1,7E-03	0,9688 _{ns}
Error	2,6E-03	4	6,5E-04		
Total	0,01	7			
CV (%)	5,24				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio; Factor A: Tipo de madera; Factor B: Tipo de vino; Factor C: Tiempo de envejecimiento

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza de la variable color del vino tinto, determinada por espectrofotometría, evidenció que el tipo de madera, el tiempo de envejecimiento y su interacción no presentaron efectos estadísticamente significativos ($p > 0,05$). En función de estos resultados, para esta variable fisicoquímica específica, se acepta la hipótesis nula (H_0), ya que no se observó influencia significativa del uso de madera de nogal y capulí ni del tiempo de envejecimiento sobre el color del vino.

La estabilidad del color puede explicarse debido a que esta propiedad está fuertemente relacionada con la concentración y estructura de los compuestos fenólicos, especialmente los antocianinas, los cuales se forman y estabilizan principalmente durante la fermentación y

maceración, siendo menos sensibles a modificaciones tempranas durante el envejecimiento en madera (Ribéreau-Gayon et al., 2006). Asimismo, el bajo coeficiente de variación obtenido indica una adecuada precisión experimental, lo que respalda la confiabilidad de los resultados. En consecuencia, bajo las condiciones evaluadas, el envejecimiento en maderas alternativas no generó cambios significativos en el color del vino tinto, sin descartar que tiempos de envejecimiento más prolongados puedan influir de manera diferente en esta propiedad. En la tabla 11 se presenta el análisis de varianza de la variable color por espectrofotometría del vino blanco a los dos tiempos de envejecimiento de 2 y 4 meses de los dos tipos de madera de nogal y capulí.

Tabla 11 Análisis de varianza del color del vino blanco

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,7E-04	3	1,2E-04	9,13	0,2924ns
Factor A	6,1E-06	1	6,1E-06	0,45	0,5393ns
Factor C	2,8E-04	1	2,8E-04	20,27	0,0108*
Factor A * Factor C	9,1E-05	1	9,1E-05	6,69	0,0609*
Error	5,4E-05	4	1,4E-05		
Total	4,3E-04	7			
CV (%)	2,07				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio; Factor A: Tipo de madera; Factor B: Tipo de vino; Factor C: Tiempo de envejecimiento

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza del color del vino blanco evidencia que el tiempo de envejecimiento (Factor c) influye significativamente en esta variable ($p < 0,05$), mientras que el tipo de madera (Factor a) no presenta un efecto estadísticamente significativo. Asimismo, la interacción entre el tipo de madera y el tiempo de envejecimiento muestra una tendencia a la significancia, lo que indica que la respuesta del color del vino blanco depende de la combinación de ambos factores.

En la Tabla 12 se presenta la prueba de Tukey al 5 % del factor (c) el tiempo de envejecimiento de los vinos

Tabla 12 Prueba de Tukey al 5% del Factor C

Factor C	Medias	N	E.E.
2	0,17	4	1,8E-03 A
1	0,18	4	1,8E-03 B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

En la Tabla 13 se presenta la prueba de Tukey al 5% del Factor (a) tipo de madera y Factor (c) el tiempo de envejecimiento del vino

Tabla 13 Prueba de Tukey al 5% del Factor a y Factor c

	Factor A	Factor C	Medias	N	E.E.		
	1	2	0,17	2	2,6E-03	A	
	2	2	0,18	2	2,6E-03	A	B
	2	1	0,18	2	2,6E-03 ^a	A	B
	1	1	0,19	2	2,6E-03 ^a		B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey confirma la existencia de diferencias significativas entre los tiempos de envejecimiento, observándose variaciones en las medias del color. Esto demuestra que el vino blanco es más susceptible a cambios durante el envejecimiento, incluso en períodos relativamente cortos. Este comportamiento se asocia a la mayor sensibilidad de los vinos blancos a procesos de oxidación y a modificaciones en los compuestos fenólicos no flavonoides, los cuales afectan directamente la estabilidad cromática (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

En función de estos resultados, para la variable color del vino blanco, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), ya que el tiempo de envejecimiento afecta una propiedad fisicoquímica del vino. El bajo coeficiente de variación ($CV = 2,07\%$) respalda la confiabilidad del experimento y la consistencia de los datos obtenidos.

12.5 Análisis Sensorial del vino tinto y blanco envejecidos en los barriles de madera nogal (*Juglans Regia*) y capulí (*Prunus serotina*),

El análisis sensorial se realizó mediante una escala hedónica estructurada, evaluando 11 aspectos organolépticos relacionados con apariencia, aroma, sabor y sensación en boca, con el propósito de determinar la influencia de la crianza en barriles de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*) sobre la calidad percibida del vino tinto y blanco. Esta metodología permitió valorar el grado de aceptación y los cambios sensoriales asociados al tipo de madera y al tiempo de envejecimiento.

12.6 Determinación de características sensoriales y aceptabilidad del vino Tinto

Aspecto examen visual – color

En la Tabla 14 se presenta el análisis de varianza de la variable del aspecto visual-color del vino tinto para poder ver cual tratamiento de vino tiene más aceptación según al envejecimiento del vino en los barriles de madera.

Tabla 14 Análisis de varianza de la variable examen visual-color del vino tinto

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	4,57	3	3,33	17,66	< 0,0001*
Catadores	75,45	21	1,52	41,67	< 0,0001*
Error	5,43	63	3,59		
Total	85,45	87	0,09		
CV(%)	13,18				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 17,66$; $p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 41,67$; $p < 0,0001$), evidenciando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el atributo examen visual-color del vino tinto. Los cambios observados en el color del vino tinto pueden explicarse por la interacción entre las antocianinas propias del vino y los compuestos fenólicos liberados por la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*).

Asimismo, Blouin, (1999) señala que la crianza en barrica produce una oxidación lenta y controlada que modifica la estructura cromática del vino tinto, generando tonalidades más profundas y estables. Esto concuerda con el valor elevado de F (17,66) obtenido en el presente estudio, confirmando que el tipo de madera y el tiempo de envejecimiento influyeron significativamente en el color.

En la Tabla 15 se presenta la prueba al 5% en la variable examen visual-color del vino tinto.

Tabla 15 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen visual-color del vino tinto

Tratamientos	Medias	N	E.E.	
t₁	1,86	22	0,06	A
t₂	2,20	22	0,06	B
t₆	2,41	22	0,06	B
t₅	2,43	22	0,06	B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

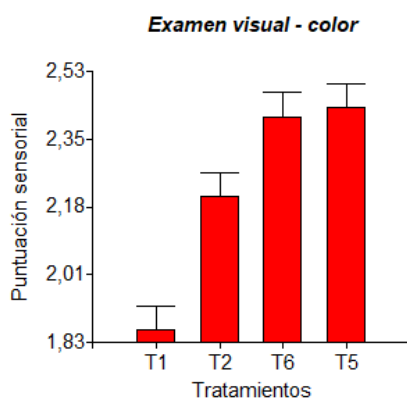
La prueba de Tukey al 5% muestra diferencias significativas entre los tratamientos, el tratamiento t_1 es vino tinto envejecido en barril de nogal durante 2 meses presentó la media más baja (1,86), ubicándose en el grupo estadístico A, lo que indica que fue significativamente diferente de los demás tratamientos.

Por otro lado, el tratamiento t_2 , t_6 y t_5 . Estos tres tratamientos se agruparon en el grupo estadístico B, sin diferencias significativas entre ellos, pero superiores estadísticamente al tratamiento T1. La diferencia de 0,57 unidades entre T1 y T5 evidencia el efecto del tipo de madera y del tiempo de envejecimiento sobre la intensidad cromática del vino tinto. La madera de capulí (*Prunus serótina*) mostró mayor capacidad de aportar compuestos que favorecen la estabilización del color, incluso desde los 2 meses de envejecimiento.

Asimismo, Blouin, (1999) indica que la oxidación lenta y controlada durante el envejecimiento contribuye a la formación de tonalidades más profundas y estables, lo cual coincide con las mayores medias obtenidas en los tratamientos T5 y T6.

La Ilustración 6 indica la variación de la variable visual color en el análisis sensorial del vino tinto

Ilustración 5. Variación de la variable Examen visual color del vino tinto



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que t_6 y t_5 , correspondientes a los vinos envejecidos en barriles de capulí (*Prunus serotina*), presentan los valores más altos de color, mostrando una mayor intensidad y uniformidad. Esto se atribuye a que la crianza en madera de capulí durante 2 meses favoreció una microoxigenación controlada y la liberación de compuestos fenólicos y taninos menores, los cuales estabilizan los pigmentos y realzan el brillo y la tonalidad del vino tinto.

Examen visual – aspecto

En la Tabla 16 se presenta el análisis de varianza de la variable del aspecto visual-aspecto del vino tinto para poder ver cual tratamiento de vino tiene más aceptación según al envejecimiento del vino en los barriles de madera.

Tabla 16 Análisis de varianza de la variable examen visual-aspecto del vino tinto

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
-----	----	----	----	---	---------

Tratamiento	1,59	3	0,53	6,98	0,0004*
Catadores	64,13	21	3,05	40,21	< 0,0001*
Error	4,78	63	0,08		
Total	70,50	87			
CV(%)	11,02				

*: significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 6,98$; $p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 40,21$; $p < 0,0001$), evidenciando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el atributo examen visual–aspecto del vino tinto. Los cambios observados en el color del vino tinto pueden explicarse por la interacción entre las antocianinas propias del vino y los compuestos fenólicos liberados por la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*).

Las diferencias observadas pueden explicarse por la influencia del envejecimiento en barriles de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*), ya que durante la crianza se producen procesos de clarificación natural, sedimentación de partículas coloidales y estabilización de compuestos fenólicos que mejoran la limpidez y brillo del vino.

De igual manera, Blouin, (1999) señala que el envejecimiento en barrica permite una microoxigenación progresiva que mejora la estabilidad estructural del vino, influyendo positivamente en su claridad y presentación visual. Los resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo que el tipo de madera y el tiempo de envejecimiento influyeron significativamente en el aspecto del vino tinto.

En la Tabla 17 se presenta la prueba al 5% en la variable examen visual-aspecto del vino tinto.

Tabla 17 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen visual- aspecto del vino tinto

Tratamientos	Medias	N	E.E.		
t5	2,30	22	0,06	A	
t6	2,48	22	0,06	A	B
t2	2,57	22	0,06		B
t1	2,66	22	0,06		B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

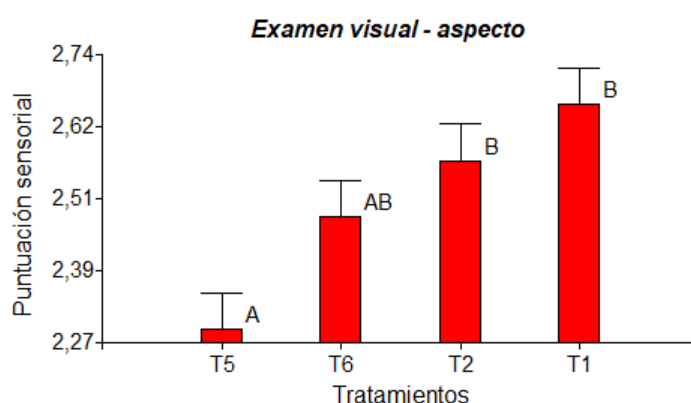
La prueba de Tukey al 5% muestra diferencias significativas entre los tratamientos en el aspecto del vino tinto. Estos resultados indican que los tratamientos envejecidos en barriles de nogal (*Juglans regia*) mostraron mejor valoración en el aspecto visual del vino tinto en comparación

con el capulí a 2 meses. La diferencia de 0,36 unidades entre t_5 y t_1 evidencia el efecto del tipo de madera sobre la percepción de limpidez, brillo y presentación general del vino.

El mejor desempeño de los tratamientos con nogal puede atribuirse a su composición estructural y a la liberación controlada de compuestos fenólicos que favorecen la estabilización coloidal y la clarificación natural del vino. Según Hidalgo (2011), la crianza en madera promueve procesos de precipitación y estabilización de compuestos inestables, mejorando la claridad y el aspecto visual del vino tinto.

La Ilustración 7 indica la variación de la variable visual-aspecto en el análisis sensorial del vino tinto.

Ilustración 6 Variación de la variable examen visual-aspecto del vino tinto



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que t_1 barril de nogal presentó el mayor valor de aspecto, destacando por su brillo, uniformidad y limpieza visual. Esto se debe a la interacción de los compuestos fenólicos de la madera con el vino, que favorece la oxigenación controlada y estabiliza la claridad. Por su parte, t_5 barril de capulí mostró valores menores, reflejando un aspecto ligeramente menos uniforme y brillante. Esta diferencia se atribuye a que el capulí requiere más tiempo de crianza para que sus compuestos estabilicen completamente la claridad y el brillo del vino.

Examen olfativo – primera impresión

En la Tabla 18 se presenta el análisis de varianza de la variable del aspecto olfativo-primera impresión del vino tinto para poder ver cual tratamiento de vino tiene más aceptación según al envejecimiento del vino en los barriles de madera.

Tabla 18 Análisis de varianza de la variable examen olfativo-primera impresión del vino tinto

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,40	3	0,13	3,21	0,0289*
Catadores	38,72	21	1,84	44,63	< 0,0001*

Error	2,60	63	0,04
Total	41,72	87	
CV(%)	8,81		

*: significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 3,21; p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 44,63; p < 0,0001$), evidenciando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el atributo examen olfativo-primera impresión del vino tinto. Los cambios observados en el color del vino tinto pueden explicarse por la interacción entre las antocianinas propias del vino y los compuestos fenólicos liberados por la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*).

Las diferencias observadas pueden atribuirse a la liberación de compuestos volátiles provenientes de la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*) durante el proceso de envejecimiento. Durante la crianza, se extraen compuestos derivados de la lignina, como vainillina, eugenol y otros fenoles aromáticos que influyen directamente en la primera percepción olfativa del vino.

Según Hidalgo, (2011), el envejecimiento en barrica modifica significativamente el perfil aromático del vino debido a la transferencia de compuestos volátiles y a procesos de microoxigenación que favorecen la complejidad aromática. Los resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo que el tipo de madera y el tiempo de envejecimiento influyeron significativamente en la primera impresión olfativa del vino tinto.

En la Tabla 19 se presenta la prueba al 5% en la variable examen visual-aspecto del vino tinto.

Tabla 19 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen olfativo-primera impresión del vino tinto

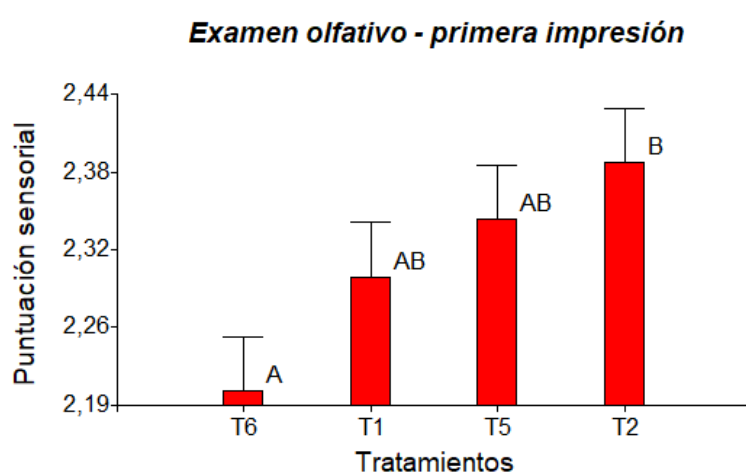
Tratamientos	Medias	N	E.E.		
t₆	2,20	22	0,04	A	
t₁	2,30	22	0,04	A	B
t₅	2,34	22	0,04	A	B
t₂	2,39	22	0,04		B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% muestra diferencias significativas entre los tratamientos en la primera impresión olfativa del vino tinto. El mejor comportamiento del t_2 vino tinto envejecido en madera de nogal durante 4 meses puede atribuirse a la liberación progresiva de compuestos aromáticos derivados de la lignina y hemicelulosas, como vainillina y otros fenoles volátiles, los cuales influyen en la percepción aromática inicial. La madera de Juglans regia puede aportar compuestos que incrementan la complejidad aromática del vino.

La Ilustración 8 indica la variación de la variable aspecto olfativo-primera impresión en el análisis sensorial del vino tinto.

Ilustración 7 Variación de la variable examen olfativo-primera impresión del vino tinto



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que el tratamiento t_2 barril de nogal se destaca claramente por presentar el mayor valor de aspecto, lo que indica un brillo, uniformidad y limpieza visual superiores respecto a los demás tratamientos. Esto se debe a que la madera de nogal permite una oxigenación controlada y libera compuestos fenólicos que estabilizan la claridad del vino, optimizando su vivacidad y percepción visual. Por esta razón, t_2 se considera el tratamiento más eficiente para resaltar los atributos visuales del vino tinto.

Intensidad aromática

En la Tabla 20 se presenta el análisis de varianza de la variable del aspecto intensidad aromática del vino tinto para poder ver cual tratamiento de vino tiene más aceptación según al envejecimiento del vino en los barriles de madera.

Tabla 20 Análisis de variación de la variable intensidad aromática del vino tinto

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
------------	-----------	-----------	-----------	----------	----------------

Tratamiento	1,24	3	0,41	7,41	0,0003*
Catadores	53,38	21	2,54	45,60	< 0,0001*
Error	3,51	63	0,06		
Total	58,13	87			
CV(%)	8,99				

*: significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 7,41; p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 45,60; p < 0,0001$), evidenciando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el atributo examen intensidad aromática del vino tinto. Los cambios observados en la intensidad del color del vino tinto pueden explicarse por la interacción entre las antocianinas propias del vino y los compuestos fenólicos liberados por la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*).

Las diferencias en intensidad aromática pueden atribuirse a la extracción de compuestos volátiles provenientes de la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*), tales como aldehídos fenólicos, lactonas y derivados de la lignina, que incrementan la complejidad y concentración aromática del vino tinto.

Según Blouin, (1999) destaca que el tiempo de envejecimiento es un factor determinante en la evolución aromática, ya que permite una mayor integración de los compuestos extraídos de la madera. Los resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo que el tipo de madera y el tiempo de envejecimiento influyeron significativamente en la intensidad aromática del vino tinto.

En la Tabla 21 se presenta la prueba al 5% en la variable del aspecto intensidad aromática del vino tinto.

Tabla 21 Prueba de Tukey al 5% en la variable intensidad aromática del vino tinto

Tratamientos	Medias	N	E.E.	
t1	2,50	22	0,05	A
t5	2,57	22	0,05	A
t6	2,61	22	0,05	A
t2	2,82	22	0,05	B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

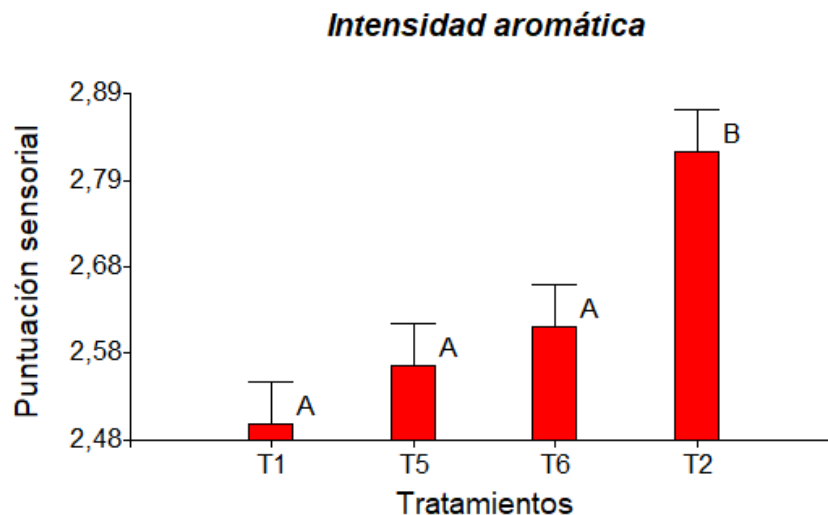
La prueba de Tukey al 5% muestra diferencias significativas entre los tratamientos en la intensidad aromática del vino tinto. El tratamiento t_2 vino tinto envejecido en barril de nogal durante 4 meses presentó la media más alta (2,82), ubicándose en el grupo estadístico B, siendo significativamente superior a los demás tratamientos.

La diferencia de 0,32 unidades entre el tratamiento t_2 (nogal – 4 meses) y t_1 (nogal – 2 meses) evidencia que el tiempo de envejecimiento tuvo un efecto determinante en la intensificación del aroma cuando se utilizó madera de nogal (*Juglans regia*). Esto indica que el contacto prolongado con esta madera favoreció una mayor extracción de compuestos aromáticos.

Según Blouin, (1999), señala que el tiempo de crianza es un factor clave en la evolución aromática del vino, ya que una mayor permanencia en madera permite una mejor integración y expresión de los compuestos aromáticos. Los resultados confirman que el tipo de madera y el tiempo de envejecimiento influyeron significativamente en la intensidad aromática del vino tinto, respaldando el rechazo de la hipótesis nula.

La Ilustración 9 indica la variación de la variable aspecto intensidad aromática en el análisis sensorial del vino tinto.

Ilustración 8 Variación de la variable intensidad aromática del vino tinto



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que el tratamiento t_2 presentan la mayor intensidad aromática 2,82, siendo el mejor tratamiento siendo el vino tinto envejecido en el barril de nogal y el t_6 (2,61) siendo un vino envejecido en barril de capulí. Estos resultados indican que tanto el nogal como el capulí, bajo condiciones específicas de crianza, pueden potenciar significativamente la intensidad aromática del vino tinto.

Calidad olfativa

En la Tabla 22 se presenta el análisis de varianza de la variable del aspecto calidad olfativa del vino tinto para poder ver cual tratamiento de vino tiene más aceptación según al envejecimiento del vino en los barriles de madera.

Tabla 22 Análisis de varianza de la variable calidad olfativa del vino tinto

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	1,53	3	0,51	4,13	0,0097*
Catadores	96,91	21	4,61	37,36	< 0,0001*
Error	7,78	63	0,12		
Total	106,22	87			
CV(%)	12,15				

*: significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 4,13; p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 37,36; p < 0,0001$), evidenciando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el atributo examen intensidad aromática del vino tinto. Los cambios observados en la calidad olfativa del vino tinto pueden explicarse por la interacción entre las antocianinas propias del vino y los compuestos fenólicos liberados por la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*).

Las diferencias observadas pueden atribuirse a la extracción de compuestos aromáticos provenientes de la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*). Durante la crianza, se liberan compuestos derivados de la degradación térmica de la lignina y hemicelulosas, los cuales aportan notas especiadas, tostadas y vainilladas que modifican la calidad sensorial del aroma.

Según Hidalgo, (2011), la crianza en barrica contribuye a la complejidad aromática del vino mediante la integración de compuestos volátiles y fenólicos, mejorando su calidad sensorial. Los resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo que el tipo de madera y el tiempo de envejecimiento influyeron significativamente en la calidad olfativa del vino tinto.

En la Tabla 23 se presenta la prueba al 5% en la variable del aspecto calidad olfativa del vino tinto.

Tabla 23 Prueba de Tukey al 5% de la variable calidad olfativa del vino tinto

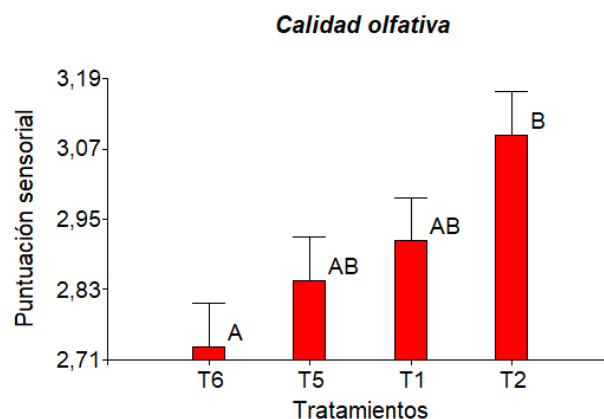
Tratamientos	Medias	N	E.E.		
t ₆	2,73	22	0,07	A	
t ₅	2,84	22	0,07	A	B
t ₁	2,91	22	0,07	A	B
t ₂	3,09	22	0,07		B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% muestra diferencias significativas entre los tratamientos en la calidad olfativa del vino tinto. El tratamiento t₆ (2,73) presenta la media más baja, mientras que los tratamientos t₅ (2,84) y t₁ (2,91) tienen medias intermedias y el tratamiento t₂ (3,09) alcanza la media más alta. Estos resultados indican que el envejecimiento en madera de *Juglans regia* favoreció ligeramente la percepción de calidad olfativa en comparación con la madera de *Prunus serotina*, especialmente en el tratamiento con mayor tiempo de crianza. Esto puede atribuirse a la liberación de compuestos fenólicos y aromáticos derivados de la lignina, que aportan mayor complejidad y equilibrio aromático.

De acuerdo con Hidalgo, (2011), la calidad olfativa del vino mejora cuando existe una adecuada interacción entre compuestos volátiles del vino y los extractivos de la madera, generando mayor armonía y persistencia aromática.

La Ilustración 10 indica la variación de la variable aspecto calidad olfativa en el análisis sensorial del vino tinto.

Ilustración 9 Variación de la variable calidad olfativa del vino tinto

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que el tratamiento t₂ registra la mayor calidad olfativa, el vino tinto envejecido en madera de nogal (*Juglans regia*) presenta mejor expresión aromática por una liberación

equilibrada de compuestos volátiles. Esta interacción favorece mayor fineza, complejidad y persistencia en nariz. Por ello, destaca como el tratamiento sensorialmente superior en el vino tinto.

Duración del aroma

En la Tabla 24 se presenta el análisis de varianza de la variable del aspecto duración del aroma del vino tinto para poder ver cual tratamiento de vino tiene más aceptación según al envejecimiento del vino en los barriles de madera.

Tabla 24 Análisis de varianza de la variable duración del aroma del vino tinto

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,39	3	0,13	2,67	0,0557 _{ns}
Catadores	52,58	20	2,62	53,97	< 0,0001*
Error	2,92	60	0,05		
Total	55,89	83			
CV(%)	7,61				

*: significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto no significativo del tratamiento ($F = 2,67; p < 0,0001$) y un efecto significativo del factor catadores ($F = 53,97; p < 0,0001$), evidenciando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el atributo examen duración del aroma del vino tinto. Los cambios observados en la calidad olfativa del vino tinto pueden explicarse por la interacción entre las antocianinas propias del vino y los compuestos fenólicos liberados por la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*).

Estos resultados sugieren que la duración del aroma del vino tinto depende más de la percepción subjetiva de los catadores y de factores intrínsecos del vino (como concentración de compuestos volátiles naturales y equilibrio de alcoholes, ácidos y taninos) que del tipo de madera utilizada o del tiempo de envejecimiento en el rango de 2 a 4 meses evaluado.

Según Blouin, (1999), indica que la duración del aroma depende tanto de la concentración de compuestos aromáticos como de su volatilidad, factores que no siempre se alteran significativamente con 2–4 meses de crianza en madera. Los resultados respaldan que el tipo de madera y el tiempo de envejecimiento no influyeron significativamente en la duración del aroma del vino tinto, por lo que no se rechaza la hipótesis nula para esta variable específica.

En la Tabla 25 se presenta la prueba al 5% en la variable del aspecto duración del aroma del vino tinto.

Tabla 25 Prueba de Tukey al 5% en la variable duración del aroma del vino tinto

Tratamientos	Medias	N	E.E.	
t ₆	2,81	21	0,05	A
t ₅	2,86	21	0,05	A
t ₁	2,95	21	0,05	A
t ₂	2,98	21	0,05	A

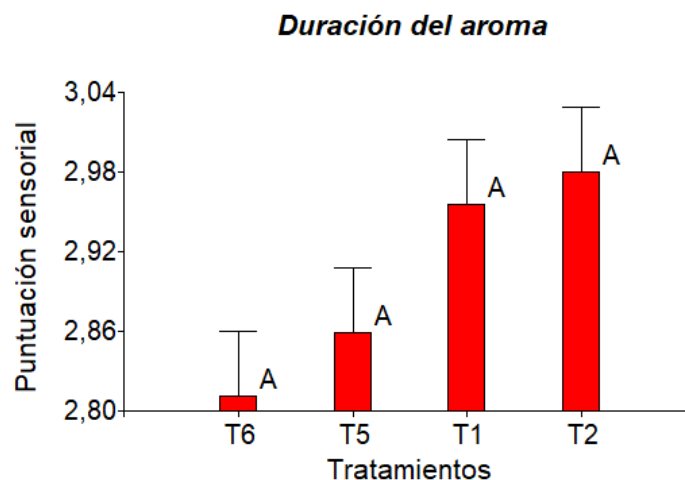
Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% muestra que los tratamientos están en el mismo grupo A t₂ (2,98) y t₁ (2,95) son envejecidos en la madera de nogal y el t₅ (2,86) y t₆ (2,81) son envejecidos en la madera de capulí sin diferenciarse estadísticamente de los extremos.

El mayor valor observado en t₄ nogal se debe a una mejor fijación y estabilización de compuestos aromáticos dentro de la matriz del vino, lo que permite que las notas percibidas en nariz permanezcan por más tiempo. La interacción madera-vino favorece la formación de estructuras más estables que prolongan la sensación aromática. En contraste, el menor resultado en t₆ en la madera de capulí indica una menor retención de compuestos volátiles, lo que reduce la permanencia del aroma y genera una sensación más corta y menos persistente en la fase olfativa. (Rodríguez, 2008).

La Ilustración 11 indica la variación de la variable aspecto duración del aroma en el análisis sensorial del vino tinto.

Ilustración 10 Variación de la variable duración del aroma del vino tinto



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que t_2 alcanza la mayor duración del aroma. Este tratamiento, envejecido en madera de nogal, presenta mayor persistencia aromática debido a una mejor estabilización de compuestos volátiles en la matriz del vino. La interacción madera-vino favorece la fijación de estos compuestos, prolongando su percepción en nariz.

Examen gustativo – acidez

En la Tabla 26 se presenta el análisis de varianza de la variable del aspecto gustativo-acidez del vino tinto para poder ver cual tratamiento de vino tiene más aceptación según al envejecimiento del vino en los barriles de madera.

Tabla 26 Análisis de varianza de la variable examen gustativo-acidez del vino tinto

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	1,43	3	0,48	9,30	< 0,0001*
Catadores	51,81	20	2,59	50,60	< 0,0001*
Error	3,07	60	0,05		
Total	56,31	83			
CV(%)	7,42				

*: significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 9,30; p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 50,60; p < 0,0001$), evidenciando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el atributo examen del aspecto gustativo-acidez del vino tinto. Los cambios observados en el aspecto gustativo-acidez del vino tinto pueden explicarse por la interacción entre las antocianinas propias del vino y los compuestos fenólicos liberados por la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*).

Las diferencias observadas pueden explicarse por la interacción entre los ácidos del vino y los compuestos fenólicos liberados por la madera de nogal y capulí. Durante la crianza, se producen reacciones químicas que pueden modificar la percepción de acidez, como la unión de ácidos con taninos y la liberación de ácidos orgánicos de la madera (Hidalgo Togo, 2011).

Asimismo, (Blouin, 1999), señala que la madera y el tiempo de crianza influyen en la armonización de la acidez, integrando mejor los componentes del vino y suavizando la percepción gustativa cuando la crianza es adecuada. Los resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo que el tipo de madera y el tiempo de envejecimiento influyeron significativamente en la acidez del vino tinto.

En la Tabla 27 se presenta la prueba al 5% en la variable del aspecto gustativo-acidez del vino tinto.

Tabla 27 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen gustativo-acidez del vino tinto

Tratamientos	Medias	N	E.E.		
t ₂	2,90	21	0,05	A	
t ₁	2,95	21	0,05	A	B
t ₅	3,10	21	0,05		B C
t ₆	2,98	21	0,05		C

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

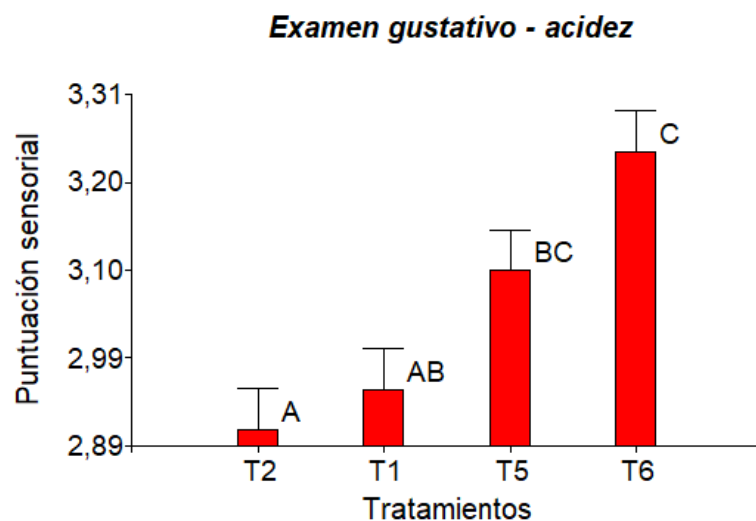
La prueba de Tukey al 5% muestra diferencias significativas entre los tratamientos en la percepción de la acidez del vino tinto. El tratamiento t₂ presenta la media más baja (2,90), mientras que t₅ registra la media más alta (3,10), indicando una acidez más perceptible. Los tratamientos t₁ (2,95) y t₆ (2,98) muestran valores intermedios. Estos resultados confirman que los tratamientos influyen en la percepción gustativa de la acidez, afectando el equilibrio sensorial del vino tinto.

Este comportamiento indica que los vinos en barriles de nogal tienden a equilibrar mejor la acidez, especialmente a mayor tiempo de crianza, mientras que los vinos en capulí presentan una percepción ligeramente más intensa de acidez.

Según Blouin, (1999), señala que la crianza prolongada en madera puede suavizar o equilibrar la acidez dependiendo de la especie de madera y de la composición del vino.

La Ilustración 12 indica la variación de la variable aspecto duración-acidez en el análisis sensorial del vino tinto.

Ilustración 11 Varianza del examen gustativo-acidez del vino tinto



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La acidez presentó diferencias significativas entre tratamientos, destacándose t_6 con la mayor puntuación y t_2 con la más baja, t_1 y t_5 mostraron valores intermedios. Estos resultados evidencian que el envejecimiento influyó en la percepción y el equilibrio sensorial de la acidez del vino.

Cuerpo / poder alcohólico

En la Tabla 28 se presenta el análisis de varianza de la variable del aspecto cuerpo–poder alcohólico del vino tinto para poder ver cual tratamiento de vino tiene más aceptación según al envejecimiento del vino en los barriles de madera.

Tabla 28 Análisis de varianza de la variable cuerpo-poder alcohólico del vino tinto

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,67	3	0,22	4,51	< 0,0001*
Catadores	84,18	20	4,21	85,37	< 0,0001*
Error	2,96	60	0,05		
Total	87,81	83			
CV(%)	7,52				

*: significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 4,51; p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 85,37; p < 0,0001$), evidenciando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el atributo examen del aspecto cuerpo–poder alcohólico del vino tinto. Los cambios observados en el aspecto cuerpo–poder alcohólico del vino tinto pueden explicarse por la interacción entre las antocianinas propias del vino y los compuestos fenólicos liberados por la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*).

Estos resultados sugieren que la crianza en barrica, tanto de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*), modula la percepción del cuerpo y del poder alcohólico del vino al favorecer la integración de alcoholes, taninos y compuestos fenólicos. La mayor interacción de estos compuestos durante la crianza prolongada (4 meses) en madera de nogal permitió que el vino presentara un cuerpo más equilibrado y alcohol percibido más armonioso.

Según Blouin, (1999), señala que el tipo de madera y la duración del envejecimiento son determinantes para lograr equilibrio entre alcohol, taninos y acidez, elementos clave para la sensación de cuerpo. Los resultados muestran que el tipo de madera y el tiempo de

envejecimiento influyen significativamente en la percepción del cuerpo y del poder alcohólico del vino tinto, validando la hipótesis alternativa (H_1) para esta variable sensorial.

En la Tabla 29 se presenta la prueba al 5% en la variable del aspecto cuerpo-poder alcohólico del vino tinto.

Tabla 29 Prueba de Tukey al 5% de la variable cuerpo-poder alcohólico del vino tinto

Tratamientos	Medias	N	E.E.	
t ₁	2,86	21	0,05	A
t ₅	2,90	21	0,05	A
t ₆	2,95	21	0,05	A B
t ₂	3,10	21	0,05	B

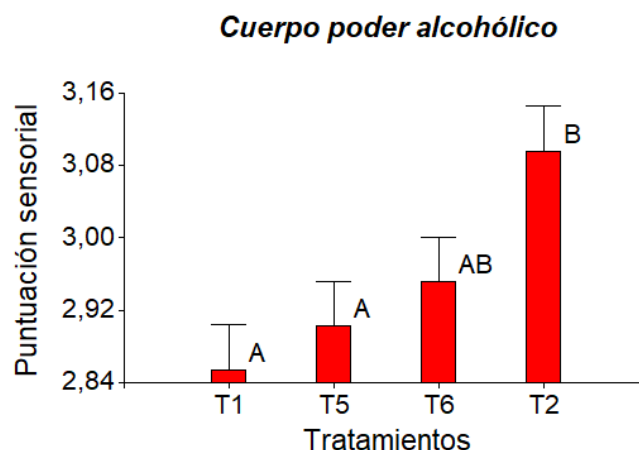
Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% muestra diferencias significativas entre los tratamientos en la percepción del cuerpo y poder alcohólico del vino tinto. Los tratamientos t₁ (2,86) y t₅ (2,90) presentan las medias más bajas y similares entre sí, mientras que t₆ (2,95) muestra un valor intermedio. El tratamiento t₂ alcanza la media más alta (3,10), indicando una mayor percepción de cuerpo y poder alcohólico. Estos resultados confirman que los tratamientos influyen en la estructura sensorial del vino tinto, afectando su aceptación sensorial.

Estos resultados evidencian que la madera de nogal favorece una integración más armoniosa del alcohol y los taninos, especialmente con mayor tiempo de crianza, generando un vino con cuerpo más equilibrado.

La Ilustración 13 indica la variación de la variable aspecto cuerpo-poder alcohólico en el análisis sensorial del vino tinto.

Ilustración 12 Variación de la variable cuerpo -poder alcohólico del vino tinto



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis sensorial del cuerpo o poder alcohólico evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, siendo el tratamiento t_2 el que alcanzó la mayor puntuación. Este tratamiento se diferenció de t_1 y t_5 , mientras que t_6 presentó valores intermedios sin diferencias estadísticas claras. Estos resultados indican que el envejecimiento aplicado en t_2 influyó positivamente en la percepción de cuerpo del vino, aportando mayor consistencia y plenitud en boca.

Sabor (aroma en boca)

En la Tabla 30 se presenta el análisis de varianza de la variable del aspecto sabor (aroma en boca) del vino tinto para poder ver cual tratamiento de vino tiene más aceptación según al envejecimiento del vino en los barriles de madera.

Tabla 30 Análisis de varianza de la variable sabor (aroma en boca) del vino tinto

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	2,5	3	0,83	10,00	< 0,0001*
Catadores	72,07	20	3,60	43,24	< 0,0001*
Error	5,00	60	0,08		
Total	79,57	83			
CV(%)	8,42				

*: significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 10; p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 43,24; p < 0,0001$), evidenciando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el atributo examen del aspecto sabor (aroma en boca) del vino tinto. Los cambios observados en el aspecto sabor (aroma en boca) del vino tinto pueden explicarse por la interacción entre las antocianinas propias del vino y los compuestos fenólicos liberados por la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*).

Durante la crianza, estos compuestos contribuyen a la complejidad gustativa y al aroma retronasal, mejorando la percepción del sabor en boca (Blouin, 1999). El efecto observado indica que los vinos envejecidos en nogal y con mayor tiempo de crianza tienden a presentar sabores más integrados y equilibrados, mientras que los vinos en capulí muestran una percepción de sabor menos armónica si el tiempo de envejecimiento es corto. Los resultados permiten afirmar que el tipo de madera y el tiempo de envejecimiento influyen

significativamente en la percepción del sabor (aroma en boca) del vino tinto, respaldando la hipótesis alternativa (H_1) para este atributo sensorial.

En la Tabla 31 se presenta la prueba al 5% en la variable del aspecto sabor (aroma en boca) del vino tinto.

Tabla 31 Prueba de Tukey al 5% de la variable sabor (aroma en boca) del vino tinto

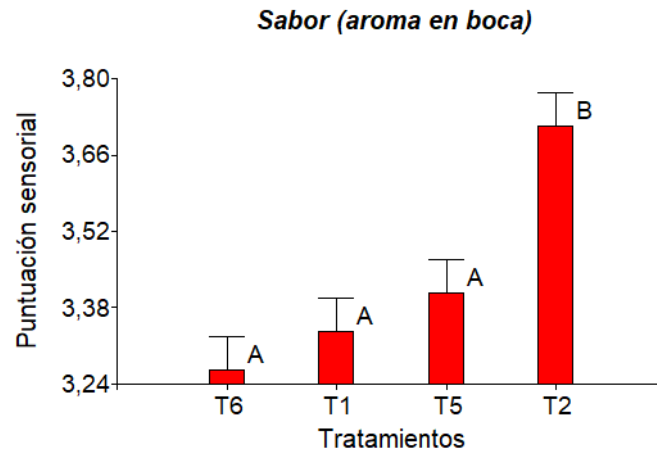
Tratamientos	Medias	N	E.E.	
t ₆	3,26	21	0,06	A
t ₁	3,33	21	0,06	A
t ₅	3,40	21	0,06	A
t ₂	3,71	21	0,06	B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% muestra diferencias significativas entre los tratamientos en la percepción del sabor del vino tinto. Los tratamientos t₆ (3,26), t₁ (3,33) y t₅ (3,40) presentan medias similares y pertenecen al mismo grupo estadístico, mientras que el tratamiento t₂ alcanza la media más alta (3,71), indicando una mejor percepción del aroma en boca. Estos resultados confirman que los tratamientos influyen en el sabor del vino tinto, afectando su aceptación sensorial.

Estos resultados refuerzan la idea de que la crianza en barriles de *Juglans regia* permite una mejor integración de los componentes estructurales del vino, generando un sabor más armonioso y equilibrado, mientras que la madera de *Prunus serotina* produce un efecto más moderado en este atributo, especialmente con tiempos cortos de crianza (Hidalgo Togores, 2011).

La Ilustración 14 indica la variación de la variable aspecto sabor (aroma en boca) en el análisis sensorial del vino tinto.

Ilustración 13 Variación de la variable sabor (aroma en boca) del vino tinto

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El sabor, evaluado como aroma en boca, presentó diferencias significativas entre los tratamientos, destacándose el tratamiento t_2 con la mayor puntuación sensorial y diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos. Los tratamientos t_6 , t_1 y t_5 no mostraron diferencias significativas entre sí, lo que indica un comportamiento similar en la percepción del sabor. Estos resultados sugieren que las condiciones de envejecimiento aplicadas en t_3 favorecieron una mayor expresión del aroma en boca, contribuyendo a una experiencia sensorial más intensa y persistente.

Presencia de sabores extraños

En la Tabla 32 se presenta el análisis de varianza de la variable del aspecto presencia de sabores extraños del vino tinto para poder ver cual tratamiento de vino tiene más aceptación según al envejecimiento del vino en los barriles de madera.

Tabla 32 Análisis de varianza de la variable presencia de sabores extraños del vino tinto

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1,82	3	0,61	5,60	0,0019*
Catadores	103,08	20	5,15	47,62	< 0,0001*
Error	6,49	60	0,11		

Total	111,39	83
CV(%)	12,26	

*: significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 5,60; p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 47,62; p < 0,0001$), evidenciando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el atributo examen del aspecto presencia de sabores extraños del vino tinto. Los cambios observados en el aspecto presencia de sabores extraños del vino tinto pueden explicarse por la interacción entre las antocianinas propias del vino y los compuestos fenólicos liberados por la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*).

La presencia de sabores extraños puede asociarse a la liberación de compuestos fenólicos y orgánicos específicos de la madera, o a interacciones químicas durante la crianza que generan notas no deseadas si la madera o el tiempo de envejecimiento no son adecuados (Hidalgo Togores, 2011).

En este estudio, los vinos envejecidos en *Juglans regia* mostraron menor percepción de sabores extraños, especialmente cuando se criaron durante 4 meses, mientras que los vinos en *Prunus serotina* presentaron mayor percepción de sabores atípicos cuando la crianza fue corta, sugiriendo que el tipo de madera y la duración de la crianza son factores determinantes para la calidad gustativa del vino (Blouin, 1999). Los resultados permiten afirmar que el tipo de madera y el tiempo de envejecimiento influyen significativamente en la percepción de sabores extraños del vino tinto, validando la hipótesis alternativa (H_1) para este atributo sensorial.

En la Tabla 33 se presenta la prueba al 5% en la variable del aspecto presencia de sabores extraños del vino tinto.

Tabla 33 Prueba de Tukey al 5% en la variable presencia de sabores extraños del vino tinto

Tratamientos	Medias	N	E.E.		
t₅	2,50	21	0,07	A	
t₁	2,60	21	0,07	A	
t₂	2,76	21	0,07	A	B
t₆	2,88	21	0,07		B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

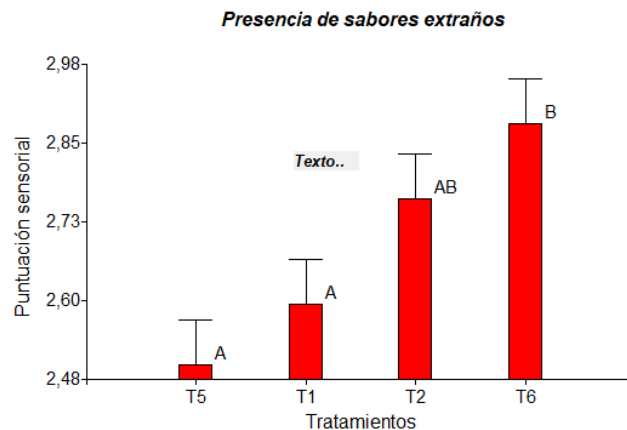
La prueba de Tukey al 5% muestra diferencias significativas entre los tratamientos en la presencia de sabores extraños del vino tinto. Los tratamientos t_5 (2,50) y t_1 (2,60) presentan las

medias más bajas y similares entre sí, indicando una menor percepción de sabores atípicos, mientras que t_2 (2,76) muestra un valor intermedio y el tratamiento t_6 alcanza la media más alta (2,88), evidenciando una mayor percepción de sabores extraños.

Estos resultados muestran que tanto el tipo de madera como el tiempo de envejecimiento influyen en la aparición de sabores extraños: los vinos en barriles de nogal tienden a generar menos sabores atípicos, mientras que los vinos en capulí pueden presentar más notas no deseadas si el tiempo de crianza es prolongado (Blouin, 1999).

La Ilustración 15 indica la variación de la variable aspecto presencia de sabores extraños en el análisis sensorial del vino tinto.

Ilustración 14 Variación de la variable presencia de sabores extraños del vino tinto



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Los resultados muestran que la presencia de sabores extraños varía según el tratamiento aplicado. El tratamiento t_6 presentó la mayor puntuación sensorial, indicando una mayor percepción de sabores indeseables, mientras que t_5 y t_1 registraron los valores más bajos y no mostraron diferencias significativas entre sí, lo que sugiere una mejor estabilidad sensorial. El tratamiento t_2 presentó un comportamiento intermedio, sin diferencias estadísticas claras con los demás tratamientos. En conjunto, los resultados indican que el tipo de tratamiento influye significativamente en la percepción de sabores extraños del producto.

Aceptabilidad general

En la Tabla 34 se presenta el análisis de varianza de la variable del aspecto aceptabilidad general del vino tinto para poder ver cual tratamiento de vino tiene más aceptación según al envejecimiento del vino en los barriles de madera.

Tabla 34 Análisis de varianza de la variable aceptabilidad general del vino tinto

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,75	3	0,25	6,12	0,0011*
Catadores	45,54	20	2,28	55,98	< 0,0001*
Error	2,44	60	0,04		
Total	48,72	83			
CV(%)	6,76				

*: significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación GL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 6,12; p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 55,98; p < 0,0001$), evidenciando diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el atributo examen del aspecto aceptabilidad general del vino tinto. Los cambios observados en el aspecto aceptabilidad general extraños del vino tinto pueden explicarse por la interacción entre las antocianinas propias del vino y los compuestos fenólicos liberados por la madera de nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serótina*).

La aceptabilidad general depende de la integración de todos los atributos sensoriales evaluados: color, aroma, sabor, acidez y cuerpo. Los resultados sugieren que los vinos envejecidos en nogal (*Juglans regia*) durante 4 meses fueron percibidos como más agradables por los catadores, mostrando un equilibrio entre intensidad aromática, sabor, acidez y cuerpo (Blouin, 1999).

Por otro lado, los vinos en barriles de capulí (*Prunus serótina*) y con menor tiempo de crianza mostraron menor aceptación, probablemente por la percepción de sabores menos armoniosos y un cuerpo menos equilibrado (Hidalgo Togores, 2011). Los resultados permiten afirmar que el tipo de madera y el tiempo de envejecimiento influyen significativamente en la aceptabilidad general del vino tinto, validando la hipótesis alternativa (H_1), y destacando al tratamiento T₂ (nogal – 4 meses) como el de mejor desempeño sensorial global.

En la Tabla 35 se presenta la prueba al 5% en la variable del aspecto aceptabilidad general del vino tinto.

Tabla 35 Prueba de Tukey al 5% en la variable aceptabilidad general del vino tinto

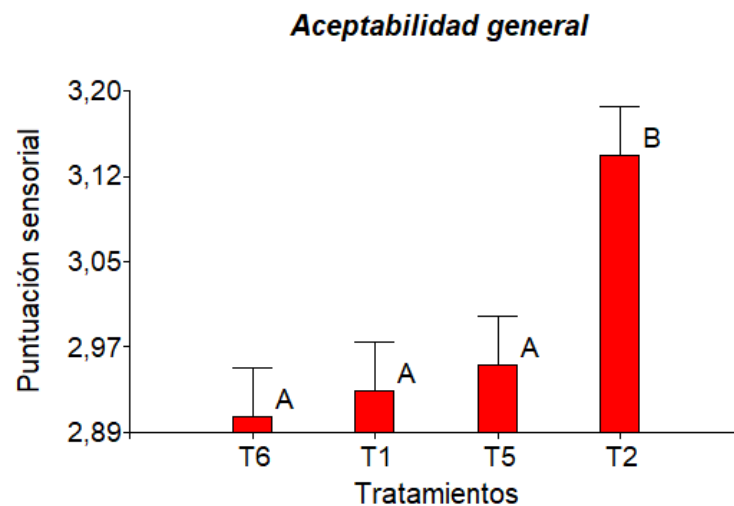
Tratamientos	Medias	N	E.E.	
t ₆	2,90	21	0,04	A
t ₁	2,93	21	0,04	A
t ₅	2,95	21	0,04	A
t ₂	3,14	21	0,04	B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% para la aceptabilidad general del vino tinto muestra que el tratamiento t_2 alcanza la media más alta (3,14), ubicándose en un grupo estadísticamente diferente (B) respecto a los tratamientos t_6 (2,90), t_1 (2,93) y t_5 (2,95), los cuales no presentan diferencias significativas entre sí y se agrupan en la letra A. Estos resultados evidencian que el tratamiento t_2 es el más aceptado por los panelistas. Estos resultados confirman que la crianza en barriles de *Juglans regia* durante un período más prolongado (4 meses) genera vinos con mayor armonía sensorial y, por lo tanto, mayor aceptación general. En cambio, los vinos en barriles de *Prunus serótina* mostraron menor aceptabilidad cuando el tiempo de crianza fue corto, aunque prolongar la crianza a 4 meses mejora ligeramente la percepción global (Blouin, 1999).

La Ilustración 16 indica la variación de la variable aspecto aceptabilidad general en el análisis sensorial del vino tinto.

Ilustración 15 Variación de la variable aceptabilidad general del vino tinto



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La aceptabilidad general presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento t_2 alcanzó la mayor puntuación sensorial, diferenciándose estadísticamente de los demás, lo que indica una mayor preferencia por parte de los evaluadores. En contraste, los tratamientos t_6 , t_1 y t_5 no mostraron diferencias significativas entre sí y registraron menores

niveles de aceptabilidad. Estos resultados sugieren que las condiciones aplicadas en t_2 favorecen las características sensoriales globales del producto, influyendo positivamente en su aceptación.

12.7 DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL VINO BLANCO

Examen visual –color

En la tabla 36 se presenta los resultados del análisis de varianza correspondiente al atributo examen visual – color del vino blanco, con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 36 Análisis de varianza de la variable examen visual-color del vino blanco

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	2,49	3	0,83	9,80	< 0,0001**
Catadores	21,62	21	1,03	12,17	< 0,0001**
Error	5,33	63	0,08		
Total	29,43	87			
CV(%)	12,10				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación gl= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 9,80$; $p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 12,17$; $p < 0,0001$), indicando diferencias estadísticas en el atributo color del vino blanco. Esto demuestra que el tipo de barril utilizado (nogal y capulí) influyó significativamente en la tonalidad del vino, aunque también se presentó variabilidad individual en la evaluación sensorial.

La influencia del tratamiento se explica porque durante el envejecimiento la madera libera compuestos fenólicos y taninos que interactúan con los componentes del vino, favoreciendo reacciones de oxidación y estabilización del color. Las diferencias en composición química y estructura entre el nogal y el capulí condicionan la cantidad y tipo de compuestos transferidos, generando variaciones en la intensidad y matiz observados (Carlos, 2021), El coeficiente de variación ($CV = 12,10\%$) indica adecuada precisión experimental; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo que el tipo de barril influyó significativamente en el color del vino blanco.

A continuación, en la tabla 37 se muestra los resultados obtenidos aplicando la prueba de tukey al 5% en la variable examen visual-color del vino blanco.

Tabla 37 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen visual-color del vino blanco

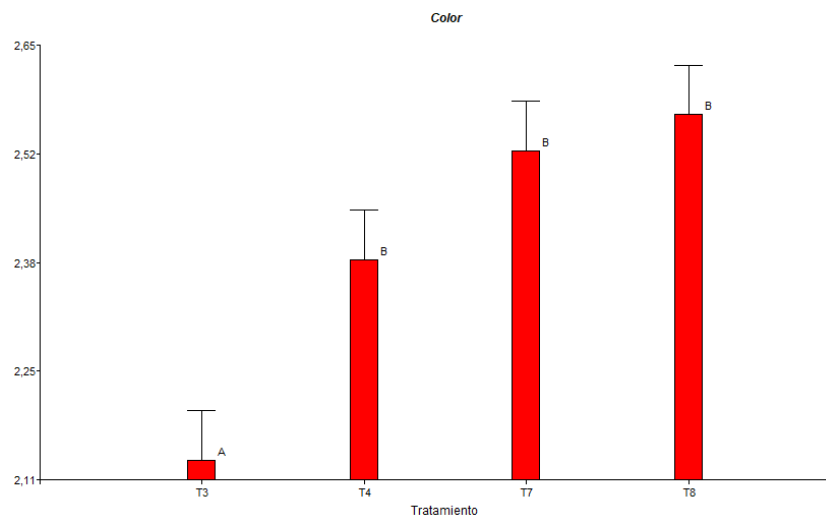
Tratamientos	Medias	N	E.E.	
t ₃	2,14	22	0,06	A
t ₄	2,39	22	0,06	B
t ₇	2,52	22	0,06	B
t ₈	2,57	22	0,06	B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey muestra que el tratamiento t₃ correspondiente al vino envejecido en barril de nogal (*Juglans regia*) generó un color menos intenso o menos definido, porque en este tratamiento la crianza permitió menor extracción de compuestos fenólicos o menor interacción de pigmentos con el oxígeno durante el tiempo de envejecimiento. En contraste, los tratamientos t₇ y t₈, con valores más altos, correspondientes a vinos envejecidos en barriles de capulí (*Prunus serotina*), reflejan un aumento en la percepción de color, Esto se debe a que la madera de capulí aporta compuestos fenólicos y taninos menores que favorecieron la estabilización de pigmentos, además de permitir una microoxigenación controlada, lo que intensificó la tonalidad y el brillo del vino blanco durante los 4 meses de crianza. De esta manera, el tipo de madera y el tiempo de contacto con los compuestos naturales del vino influyeron directamente en la percepción visual del color (Zamora, 2003).

La ilustración 17 indica la variación de la variable color en el análisis sensorial del vino blanco.

Ilustración 16 Variación de la variable color del vino blanco



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que t_7 y t_8 , correspondientes a los vinos envejecidos en barriles de capulí (*Prunus serotina*), presentan los valores más altos de color, mostrando una mayor intensidad y uniformidad. Esto se atribuye a que la crianza en madera de capulí durante 4 meses favoreció una microoxigenación controlada y la liberación de compuestos fenólicos y taninos menores, los cuales estabilizan los pigmentos y realzan el brillo y la tonalidad del vino blanco. Los tratamientos con menor tiempo de crianza o diferentes condiciones no alcanzaron esta intensidad, resultando en colores más pálidos.

Examen visual-Aspecto

En la tabla 38 se presenta los resultados del análisis de varianza correspondiente al atributo examen visual – Aspecto del vino blanco, con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 38 Análisis de variación de la variable examen visual-aspecto del vino blanco

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	20,78	3	6,93	35,28	< 0,0001**
Catadores	61,97	21	2,95	70,89	< 0,0001**
Error	6,16	63	0,10	30,20	
Total	88,91	87			
CV(%)	12,20				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación gl= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 35,28$; $p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 70,89$; $p < 0,0001$), indicando diferencias estadísticas en el atributo aspecto del vino blanco. Esto demuestra que el tipo de barril empleado (nogal y capulí) influyó significativamente en las características visuales del vino, aunque también se presentó variabilidad individual en la evaluación sensorial.

La influencia del tratamiento se asocia a los cambios físico-químicos que ocurren durante el envejecimiento, especialmente a la interacción entre los compuestos fenólicos de la madera y los constituyentes del vino. Estas interacciones favorecen procesos de clarificación natural, estabilización coloidal y ligeras modificaciones en la tonalidad y brillo. Dado que el nogal y el capulí presentan distinta composición química y diferente estructura anatómica, la transferencia de compuestos y el grado de microoxigenación varían, generando diferencias perceptibles en la limpidez y apariencia final del vino (Carlos, 2021). El coeficiente de variación ($CV = 12,20\%$)

indica adecuada precisión experimental; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo que el tipo de barril influyó significativamente en el aspecto del vino blanco.

A continuación, en la tabla 39 se muestra los resultados obtenidos aplicando la prueba de tukey al 5% en la variable aspecto del vino blanco.

Tabla 39 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen visual-aspecto del vino blanco

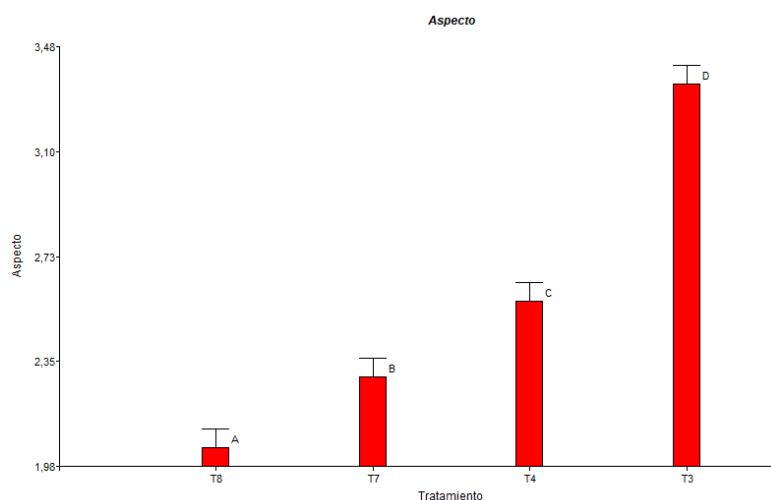
Tratamientos	Medias	N	E.E.	
t ₈	2,05	22	0,07	A
t ₇	2,30	22	0,07	B
t ₄	2,57	22	0,07	C
t ₃	3,34	22	0,07	D

Fuente: Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% muestra que t₃ barril de nogal presentó la media más alta 3,34, indicando el mejor aspecto visual, con mayor brillo y uniformidad. Esto se explica ya que según (Cañas, 2017) la madera de nogal, por su porosidad y liberación controlada de compuestos fenólicos, favorece la oxigenación y estabilización visual del vino, mejorando la claridad y vivacidad.

Por su parte, t₈ barril de capulí presenta la media más baja 2,05, reflejando un aspecto ligeramente menos uniforme y brillante. Esta diferencia se atribuye a que el envejecimiento en capulí requiere un poco más de tiempo para que sus compuestos interactúen completamente con el vino y establezcan el brillo y la claridad, un fenómeno esperado durante la crianza en distintos tipos de madera. Los tratamientos intermedios (t₇ y t₄) presentaron valores graduales, evidenciando que el efecto de la madera depende de sus características y del tiempo de crianza.

La ilustración 18 indica la variación de la variable aspecto en el análisis sensorial del vino blanco.

Ilustración 17 Variación de la variable aspecto del vino blanco

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que t₃ barril de nogal presentó el mayor valor de aspecto, destacando por su brillo, uniformidad y limpieza visual. Esto se debe a la interacción de los compuestos fenólicos de la madera con el vino, que favorece la oxigenación controlada y estabiliza la claridad. Por su parte, t₈ barril de capulí mostró valores menores, reflejando un aspecto ligeramente menos uniforme y brillante. Esta diferencia se atribuye a que el capulí requiere más tiempo de crianza para que sus compuestos estabilicen completamente la claridad y el brillo del vino.

Examen olfativo-primera impresión

En la tabla 40 se presenta los resultados del análisis de varianza correspondiente al atributo examen olfativo – primera impresión del vino blanco, con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 40 Análisis de varianza de la variable examen olfativo- primera impresión del vino blanco

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	4,83	3	1,61	19,62	< 0,0001**
Catadores	48,22	21	2,30	27,98	< 0,0001**
Error	5,17	63	0,08		
Total	58,22	87			
CV(%)	10,64				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación gl= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza muestra un efecto altamente significativo tanto del tratamiento ($F = 19,62$; $p < 0,0001$) como del factor catadores ($p < 0,0001$), indicando diferencias estadísticas en la primera impresión olfativa del vino blanco. Esto demuestra que el tipo de barril utilizado (nogal y capulí) influyó significativamente en la percepción aromática inicial, aun cuando existió variabilidad individual propia de la evaluación sensorial.

La influencia del tratamiento se atribuye a que la primera impresión olfativa está directamente relacionada con la concentración y volatilidad de los compuestos aromáticos liberados durante el envejecimiento. La capacidad extractiva y la porosidad de cada madera regulan la cesión de sustancias como aldehídos, compuestos fenólicos y lactonas, además de favorecer procesos de microoxigenación que potencian la expresión aromática. Por ello, las diferencias estructurales y químicas entre el nogal y el capulí generan variaciones en la intensidad y calidad del aroma percibido inicialmente (Cañas, 2017). El coeficiente de variación ($CV = 10,64\%$) indica adecuada precisión experimental; en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que el tipo de barril influyó significativamente en la primera impresión olfativa del vino blanco.

A continuación, en la tabla 41 se muestra los resultados obtenidos aplicando la prueba de tukey al 5% en la variable examen olfativo-primera impresión del vino blanco.

Tabla 41 Prueba de Tukey al 5% en la variable examen olfativo-primera impresión

Tratamientos	Medias	N	E.E.		
t₇	2,45	22	0,06	A	
t₈	2,55	22	0,06	A	B
t₄	2,70	22	0,06		B
t₃	3,07	22	0,06		C

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

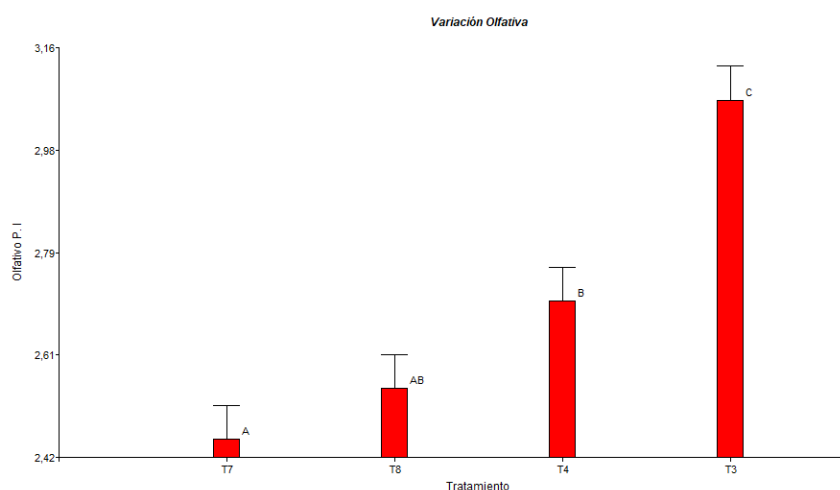
La prueba de Tukey al 5% evidencia diferencias significativas entre los tratamientos en la primera impresión olfativa del vino blanco. El tratamiento t_3 nogal presentó la media más alta 3,07, mientras que t_7 y t_8 capulí registraron las medias más bajas 2,45 y 2,55, ubicándose en grupos estadísticamente distintos.

Estas diferencias se atribuyen a la distinta composición química y estructura de cada madera, lo que condiciona la cantidad y tipo de compuestos volátiles transferidos al vino durante el envejecimiento. El nogal favorece una mayor extracción e integración de sustancias aromáticas

y una microoxigenación más eficiente, intensificando la percepción aromática inicial. En cambio, el capulí presenta una cesión más moderada o diferente perfil de compuestos, lo que se refleja en menor intensidad en la primera impresión olfativa (Feng, 2024). En consecuencia, la variación observada responde a la interacción específica entre el vino y el tipo de barril utilizado.

La ilustración 19 indica la variación de la variable examen- olfativo primera impresión en el análisis sensorial del vino blanco.

Ilustración 18 Variación de la variable examen olfativo-primera impresión del vino blanco



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026).

Se observa que el tratamiento t_3 barril de nogal se destaca claramente por presentar el mayor valor de aspecto, lo que indica un brillo, uniformidad y limpieza visual superiores respecto a los demás tratamientos. Esto se debe a que la madera de nogal permite una oxigenación controlada y libera compuestos fenólicos que estabilizan la claridad del vino, optimizando su vivacidad y percepción visual. Por esta razón, t_3 se considera el tratamiento más eficiente para resaltar los atributos visuales del vino blanco.

Intensidad aromática

En la tabla 42 se presenta los resultados del análisis de varianza correspondiente al atributo Intensidad aromática del vino blanco, con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 42 Análisis de varianza de la variable intensidad aromática del vino blanco

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1,13	3	0,38	6,52	0,0007
Catadores	39.83	21	1,90	32.96	< 0,0001**
Error	3,63	63	0,06		
Total	44,58	87			
CV(%)	8,28				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación gl= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto significativo del tratamiento ($F = 6,52$; $p = 0,0007$), confirmando diferencias estadísticas en la intensidad aromática entre los vinos envejecidos en barriles de nogal y capulí. Asimismo, el factor catadores fue altamente significativo ($F = 32,96$; $p < 0,0001$), reflejando variabilidad individual en la evaluación sensorial; no obstante, el coeficiente de variación ($CV = 8,28\%$) indica adecuada precisión y homogeneidad en los datos.

La influencia del tratamiento se asocia a los procesos de extracción selectiva y transformación de compuestos aromáticos durante el envejecimiento. Cada madera posee distinta concentración de precursores aromáticos y diferente permeabilidad al oxígeno, lo que modifica la formación, liberación y concentración final de moléculas responsables de la intensidad del aroma. Así, las características estructurales y químicas del nogal y del capulí determinan diferencias en la expresión aromática del vino (Merino García, 2015). En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que el tipo de barril influyó significativamente en la intensidad aromática del vino blanco.

A continuación, en la tabla 43 se muestra los resultados obtenidos aplicando la prueba de tukey al 5% en la variable intensidad aromática del vino blanco.

Tabla 43 Prueba de Tukey al 5% de la variable intensidad aromática del vino blanco

Tratamientos	Medias	N	E.E.	
t₄	2,70	22	0,05	A
t₇	2,93	22	0,05	B
t₃	2,98	22	0,05	B
t₈	2,98	22	0,05	B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

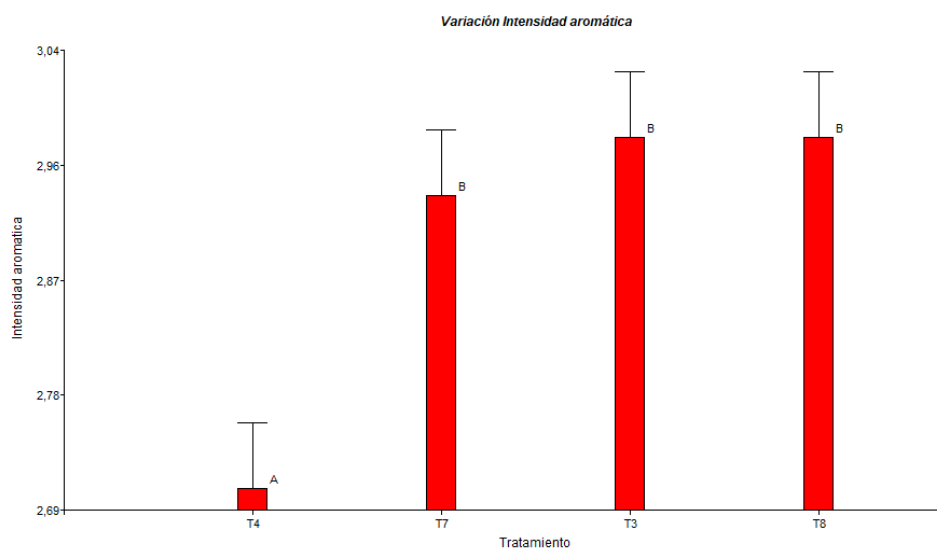
La prueba de Tukey al 5% evidencia diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento t₄ nogal presentó la media más baja 2,70, ubicándose en un grupo estadísticamente

diferente (A), mientras que t_3 nogal y los tratamientos t_7 y t_8 capulí mostraron medias superiores (2,98; 2,93 y 2,98, respectivamente), agrupándose en el mismo rango estadístico (B).

Estas diferencias se explican por la distinta dinámica de extracción de compuestos aromáticos durante el envejecimiento. En t_3 , la interacción entre el vino y la madera de nogal favorece una mayor liberación e integración de compuestos volátiles, incrementando la intensidad percibida. De manera similar, en t_7 y t_8 capulí la cesión de compuestos aromáticos fue suficiente para alcanzar valores comparables. En cambio, el menor valor observado en t_4 nogal puede atribuirse a variaciones en el tiempo de contacto o en la interacción madera-vino, ya que la extracción y estabilización de compuestos no ocurre de manera uniforme.

La ilustración 20 indica la variación de la variable intensidad aromática en el análisis sensorial del vino blanco.

Ilustración 19 Variación de la variable intensidad aromática del vino blanco



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que t_3 nogal y t_8 capulí presentan la mayor intensidad aromática 2,98, siendo los mejores tratamientos. En el caso de t_3 , la madera de nogal favoreció una adecuada liberación e integración de compuestos volátiles, intensificando la percepción del aroma. De manera similar, t_8 capulí permitió una extracción eficiente de sustancias aromáticas, lo que se reflejó en una mayor expresión sensorial. Estos resultados indican que tanto el nogal como el capulí, bajo

condiciones específicas de crianza, pueden potenciar significativamente la intensidad aromática del vino blanco.

Calidad olfativa

En la tabla 44 se presenta los resultados del análisis de varianza correspondiente al atributo calidad olfativa del vino blanco, con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 44 Análisis de varianza de la variable calidad olfativa del vino blanco

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	11,55	3	3,85	29,38	< 0,0001**
Catadores	183,05	21	8,72	66,49	< 0,0001**
Error	8,26	63	0,13		
Total	202,86	87			
CV(%)	9,88				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación gl= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo tanto del tratamiento ($F = 29,38$; $p < 0,0001$) como del factor catadores ($F = 66,49$; $p < 0,0001$), indicando diferencias estadísticas en la calidad olfativa del vino blanco. Esto demuestra que el tipo de barril utilizado (nogal y capulí) influyó significativamente en la percepción global del aroma, aunque también existió variabilidad individual propia de la evaluación sensorial.

La influencia del tratamiento se debe a que durante el envejecimiento ocurren procesos de extracción y microoxigenación que favorecen la formación y transformación de compuestos aromáticos. La naturaleza química y la porosidad de cada madera determinan la intensidad de estos procesos, influyendo en la integración, armonía y persistencia de los aromas percibidos. En consecuencia, las diferencias estructurales entre el nogal y el capulí repercuten directamente en la calidad olfativa final del vino (Cañas, 2017). El coeficiente de variación ($CV = 9,88 \%$) indica adecuada precisión experimental y confiabilidad de los resultados.

A continuación, en la tabla 45 se muestra los resultados obtenidos aplicando la prueba de tukey al 5% en la variable calidad olfativa del vino blanco.

Tabla 45 Prueba de Tukey al 5% en la variable de calidad olfativa del vino blanco

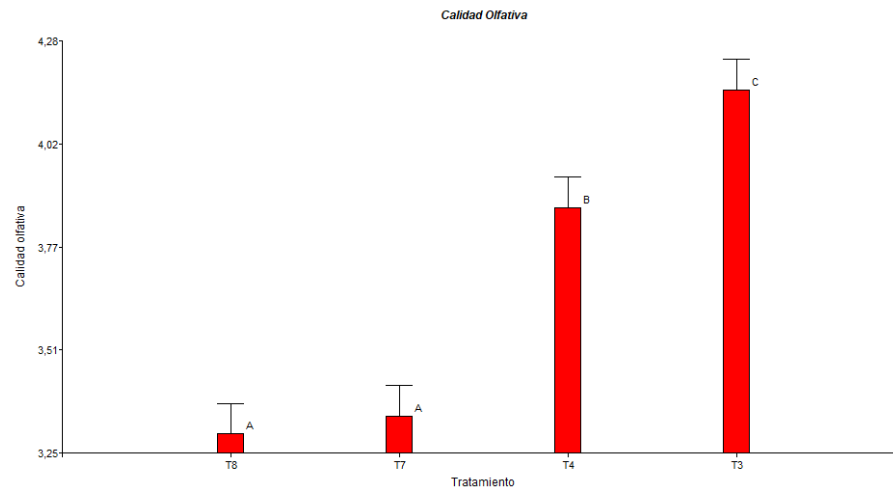
Tratamientos	Medias	N	E.E.	
t ₈	3,30	22	0,08	A
t ₇	3,34	22	0,08	A
t ₄	3,86	22	0,08	B
t ₃	4,16	22	0,08	C

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% para la variable muestra diferencias significativas entre tratamientos, destacando t₃ 4,16 como el de mayor media, perteneciente al grupo estadísticamente superior (C), mientras que t₇ 3,34 y t₈ 3,30 registran las medias más bajas y se agrupan en el rango inferior (A). El tratamiento t₃, correspondiente a vino envejecido en madera nogal, según (González & Chira, 2021) presenta mejor calidad olfativa debido a una liberación más equilibrada de compuestos fenólicos volátiles y aldehídos aromáticos, que aportan mayor fineza, limpieza y complejidad. La interacción controlada entre el vino y esta madera favorece una adecuada integración de los compuestos, generando un perfil aromático más estructurado y persistente en fase nasal.

En contraste, los tratamientos t₇ y t₈, elaborados con madera de capulí, muestran menor calidad olfativa, por lo que indica que fue una extracción más limitada o una integración menos eficiente de compuestos aromáticos en la matriz del vino. Según (Cañas, 2017) este comportamiento reduce la intensidad y definición del aroma, produciendo una percepción menos compleja y con menor permanencia.

La ilustración 21 indica la variación de la variable calidad olfativa en el análisis sensorial del vino blanco.

Ilustración 20 Variación de la variable calidad olfativa del vino blanco

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que el tratamiento t_3 registra la mayor calidad olfativa, el vino envejecido en madera de *Juglans regia* nogal presenta mejor expresión aromática por una liberación equilibrada de compuestos volátiles. Esta interacción favorece mayor fineza, complejidad y persistencia en nariz. Por ello, destaca como el tratamiento sensorialmente superior.

Duración del aroma

En la tabla 46 se presenta los resultados del análisis de varianza correspondiente al atributo duración del aroma del vino blanco, con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 46 Análisis de varianza de la variable duración del aroma del vino blanco

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,82	3	0,27	5,01	0,0035
Catadores	58,61	21	2,79	51,24	< 0,0001**
Error	3,43	63	0,05		
Total	62,86	87			
CV(%)	7,50				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación gL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza muestra un efecto significativo del tratamiento ($F = 5,01$; $p = 0,0035$) y un efecto altamente significativo del factor catadores ($F = 51,24$; $p < 0,0001$), indicando diferencias estadísticas en la duración del aroma del vino blanco. Estos resultados confirman que el tipo de barril empleado influyó significativamente en la persistencia aromática, aunque

también se registró variabilidad individual en la evaluación sensorial. El coeficiente de variación ($CV = 7,50 \%$) refleja buena precisión experimental y confiabilidad en los datos obtenidos.

La diferencia entre tratamientos se atribuye a la capacidad de cada madera de nogal y capulí para favorecer la formación de compuestos fenólicos y aromáticos más estables y de mayor peso molecular durante el envejecimiento. Estos compuestos tienden a permanecer por más tiempo en la fase tras la degustación, prolongando la sensación aromática. Asimismo, la distinta estructura anatómica y composición química del nogal y del capulí influye en la intensidad de los intercambios de oxígeno y en la retención de moléculas aromáticas, lo que repercute directamente en la persistencia del aroma (Espinosa, 2017). En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que el tipo de barril influyó significativamente en la duración del aroma del vino blanco.

A continuación, en la tabla 47 se muestra los resultados obtenidos aplicando la prueba de tukey al 5% en la variable duración del aroma del vino blanco.

Tabla 47 Prueba de Tukey al 5% en la duración del aroma del vino blanco

Tratamientos	Medias	N	E.E.		
t_8	2,98	22	0,05	A	
t_3	3,07	22	0,05	A	B
t_7	3,19	22	0,05		B
t_4	3,20	22	0,05		B

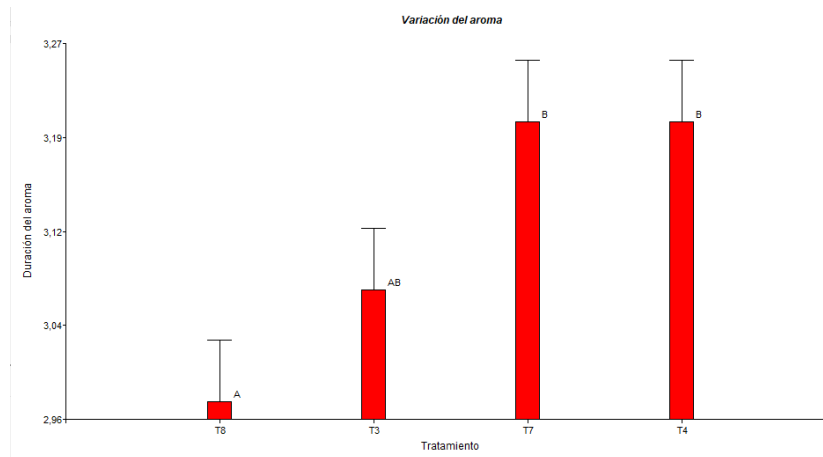
Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% para la muestra que t_4 y t_7 3,20 presentan las medias más altas y se ubican en el grupo estadísticamente superior (B), mientras que t_8 2,98 registra el valor más bajo y se agrupa en el rango inferior (A). El tratamiento t_3 3,07 muestra un comportamiento intermedio (AB), sin diferenciarse estadísticamente de los extremos.

El mayor valor observado en t_4 nogal se debe a una mejor fijación y estabilización de compuestos aromáticos dentro de la matriz del vino, lo que permite que las notas percibidas en nariz permanezcan por más tiempo. La interacción madera-vino favorece la formación de estructuras más estables que prolongan la sensación aromática. En contraste, el menor resultado en t_8 capulí indica una menor retención de compuestos volátiles, lo que reduce la permanencia del aroma y genera una sensación más corta y menos persistente en la fase olfativa. (Rodríguez, 2008).

La ilustración 22 indica la variación de la variable duración del aroma en el análisis sensorial del vino blanco.

Ilustración 21 Variación de la variable duración del aroma del vino blanco



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que t4 alcanza la mayor duración del aroma. Este tratamiento, envejecido en madera de nogal, presenta mayor persistencia aromática debido a una mejor estabilización de compuestos volátiles en la matriz del vino. La interacción madera-vino favorece la fijación de estos compuestos, prolongando su percepción en nariz.

Examen gustativo-acidez

En la tabla 48 se presenta los resultados del análisis de varianza correspondiente al atributo examen gustativo-acidez del vino blanco, con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 48 Análisis de varianza de la variable examen gustativo-acidez del vino blanco

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	3,34	3	1,11	9,80	< 0,0001**
Catadores	94,86	21	4,52	39,75	< 0,0001**
Error	7,16	63	0,11		
Total	105,36	87			
CV(%)	12,79				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación gL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza muestra un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 9,80$; $p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 39,75$; $p < 0,0001$), indicando diferencias estadísticas en

el atributo acidez del vino blanco. El coeficiente de variación ($CV = 12,79 \%$) refleja adecuada precisión experimental. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que el tipo de barril influyó significativamente en la percepción de acidez.

La diferencia observada se debe a que durante el envejecimiento la madera favorece procesos de intercambio de oxígeno y reacciones con compuestos orgánicos del vino, lo que puede modificar la percepción del equilibrio ácido. La distinta estructura y composición química del nogal y del capulí condiciona estos procesos, generando variaciones en la integración y sensación gustativa de la acidez en el vino blanco. (Carlos, 2021).

A continuación, en la tabla 49 se muestra los resultados obtenidos aplicando la prueba de tukey al 5% en la variable examen gustativo-acidez del vino blanco.

Tabla 49 Prueba de Tukey al 5% de la variable examen gustativo-acidez del vino blanco

Tratamientos	Medias	N	E.E.	
t₄	2,43	22	0,07	A
t₇	2,55	22	0,07	A
t₃	2,61	22	0,07	A
t₈	2,95	22	0,07	B

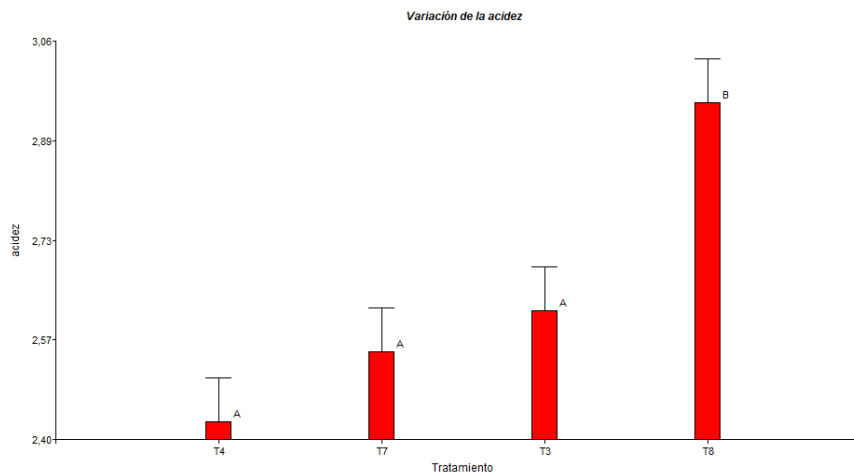
Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% para la variable evidencia diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento t_8 2,95 presenta la media más alta y se ubica en el grupo estadísticamente superior (B), mientras que t_4 2,43, t_7 2,55 y t_3 2,61 se agrupan en el mismo rango inferior (A), sin diferencias estadísticas entre ellos.

El mayor valor registrado en t_8 , correspondiente al vino envejecido en madera de capulí, indica una mayor percepción de acidez en boca. Este comportamiento se explica por una menor capacidad de esta madera para suavizar o integrar los ácidos orgánicos presentes en el vino, lo que mantiene una sensación gustativa más marcada y directa. En contraste, los tratamientos con menor puntuación reflejan una mejor integración de la acidez dentro de la estructura del vino, generando una percepción más equilibrada y menos dominante en fase gustativa. (Pascual & Noriega, 2022).

La ilustración 23 indica la variación de la variable examen gustativo-acidez en el análisis sensorial del vino blanco.

Ilustración 22 Variación de la variable examen gustativo –acidez del vino blanco



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que t_8 presenta la mayor puntuación en acidez 2,95, destacándose sobre los demás tratamientos. Este resultado indica que el vino envejecido en madera de capulí mantiene una percepción de acidez más intensa y definida en boca. Esto ocurre porque la interacción madera-vino no atenúa significativamente los ácidos orgánicos, permitiendo que la frescura se exprese con mayor claridad.

Cuerpo-poder alcohólico

En la tabla 50 se presenta los resultados del análisis de varianza correspondiente al atributo cuerpo-poder alcohólico del vino blanco, con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 50 Análisis de varianza de la variable cuerpo-poder alcohólico en el vino blanco

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	2,44	3	0,81	11,40	< 0,0001**
Catadores	115,17	21	5,48	76,83	< 0,0001**
Error	4,50	63	0,07		
Total	122,11	87			
CV(%)	7,55				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación gL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 11,40$; $p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 76,83$; $p < 0,0001$), indicando diferencias estadísticas en el atributo cuerpo-poder alcohólico del vino blanco. El coeficiente de variación ($CV = 7,55\%$) muestra buena precisión experimental. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se

acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que el tipo de barril influyó significativamente en la percepción del cuerpo y la sensación alcohólica.

Las diferencias observadas se relacionan con la interacción entre los compuestos extraídos de la madera y la matriz del vino, lo que puede modificar la sensación de volumen, estructura y calidez en boca. La distinta composición química y estructura del nogal y del capulí condiciona el grado de extracción y microoxigenación durante el envejecimiento, influyendo en la integración del alcohol y, por tanto, en la percepción del cuerpo del vino blanco. (González & Chira, 2021).

A continuación, en la tabla 51 se muestra los resultados obtenidos aplicando la prueba de tukey al 5% en la variable cuerpo-poder alcohólico del vino blanco.

Tabla 51 Prueba de Tukey al 5% en la variable cuerpo-poder alcohólico del vino blanco

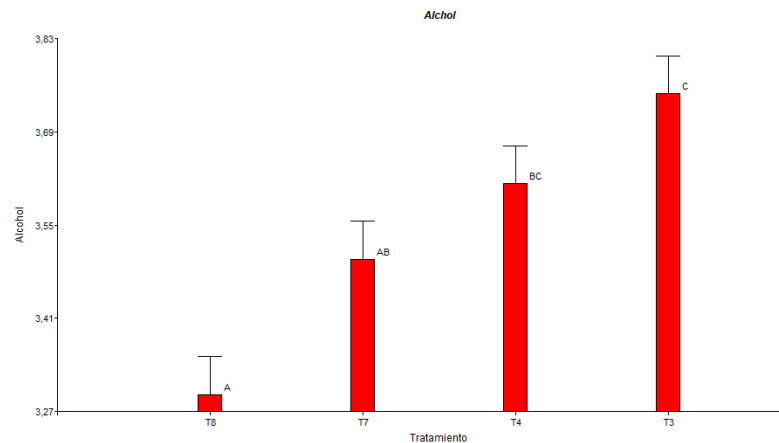
Tratamientos	Medias	N	E.E.			
t ₈	3,30	22	0,06	A		
t ₇	3,50	22	0,06	A	B	
t ₄	3,61	22	0,06		B	C
t ₃	3,75	22	0,06			C

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% muestra que t₈ 3,30 se ubica en el grupo inferior (A), t₇ 3,50 en un rango intermedio (AB), t₄ 3,61 en un grupo superior intermedio (BC) y t₃ 3,75 alcanza la media más alta, perteneciendo al grupo estadísticamente superior (C).

El mejor resultado en t₃, envejecido en madera de nogal, se explica por una mayor integración entre el alcohol y los compuestos fenólicos extraídos de la madera, lo que incrementa la sensación de volumen, densidad y estructura en boca. Esta interacción favorece una percepción más redonda y equilibrada. En contraste, el menor valor en t₈, elaborado con madera de capulí, indica una menor contribución de compuestos estructurantes, reduciendo la sensación de cuerpo y haciendo que el poder alcohólico se perciba menos integrado en la matriz del vino (Pascual & Noriega, 2022).

La ilustración 24 indica la variación de la variable cuerpo- poder alcohólico en el análisis sensorial del vino blanco.

Ilustración 23 Variación de la variable cuerpo- poder alcohólico del vino blanco

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

En la gráfica de barras se observa que **t3** presenta la mayor puntuación en cuerpo-poder alcohólico. Este tratamiento destaca por ofrecer mayor volumen y estructura en boca. La madera de nogal favorece una mejor integración del alcohol con los compuestos fenólicos, incrementando la sensación de densidad. Por ello, **t3** se posiciona como el tratamiento con mejor expresión de cuerpo.

Sabor (aroma en boca)

En la tabla 52 se presenta los resultados del análisis de varianza correspondiente al atributo sabor (aroma en boca) del vino blanco, con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 52 Análisis de varianza de la variable sabor (aroma en boca) del vino blanco

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,65	3	0,22	3,32	< 0,0001**
Encuestados	88,74	21	4,23	64,89	< 0,0001**
Error	4,10	63	0,07		
Total	93,10	87			
CV(%)	6,83				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación gL= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 3,32$; $p < 0,0001$) y del factor encuestados ($F = 64,89$; $p < 0,0001$), indicando diferencias estadísticas en el atributo sabor (aroma en boca) del vino blanco. El coeficiente de variación ($CV = 6,83 \%$)

muestra alta precisión experimental. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que el tipo de barril influyó significativamente en la expresión aromática percibida en boca.

La diferencia observada sucede por la liberación de compuestos específicos provenientes de la madera, como lactonas, vainillina, eugenol y ciertos aldehídos aromáticos, los cuales se integran en la matriz del vino durante el envejecimiento. Estos compuestos se volatilizan y se perciben con mayor intensidad durante la degustación, influyendo directamente en la sensación aromática en boca. La distinta composición química y estructura del nogal y del capulí condiciona la concentración y proporción de estas sustancias, generando variaciones en el sabor percibido. (Simal & Casado, 2015).

A continuación, en la tabla 51 se muestra los resultados obtenidos aplicando la prueba de tukey al 5% en la variable sabor (aroma en la boca) del vino blanco.

Tabla 53 Prueba de Tukey al 5% en la variable sabor (aroma en boca) del vino blanco

Tratamientos	Medias	N	E.E.		
t ₈	3,68	22	0,05	A	
t ₄	3,68	22	0,05	A	
t ₃	3,70	22	0,05	A	B
t ₇	3,89	22	0,05		B

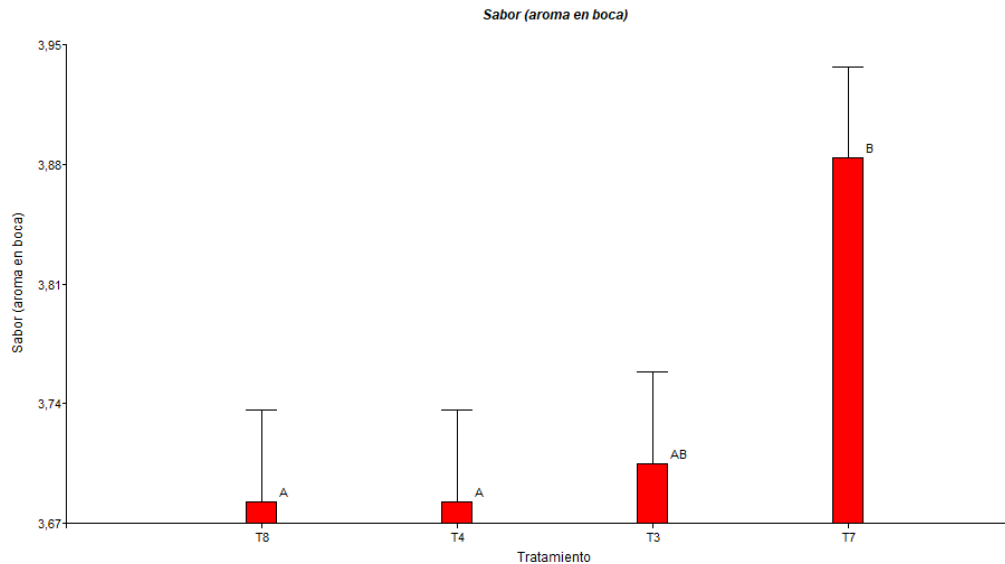
Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La prueba de Tukey al 5% evidencia diferencias significativas entre tratamientos. Los tratamientos t₈ 3,68 y t₄ 3,68 se agrupan en el rango estadístico inferior (A), t₃ 3,70 presenta un comportamiento intermedio (AB), mientras que t₇ 3,89 alcanza la media más alta y se ubica en el grupo superior (B).

El mejor resultado corresponde a t₇, envejecido en madera de capulí, lo que indica una mayor intensidad y persistencia del aroma en boca. Este comportamiento se explica por una adecuada liberación e integración de compuestos aromáticos que se perciben durante la fase gustativa, incrementando la complejidad sensorial. En contraste, los tratamientos t₈ y t₄, con las medias más bajas, reflejan una menor expresión aromática en boca, lo que sugiere una integración menos intensa de compuestos volátiles en la matriz del vino (Cañas, 2017).

La ilustración 25 indica la variación de la variable sabor (aroma en la boca) en el análisis sensorial del vino blanco.

Ilustración 24 Variación de la variable sabor (aroma en boca) del vino blanco



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que t_7 presenta la mayor puntuación en sabor (aroma en boca). Este tratamiento destaca por una mayor intensidad y mejor persistencia aromática durante la fase gustativa. La madera de capulí favorece la liberación de compuestos aromáticos que se integran adecuadamente en la matriz del vino. Como resultado, t_7 ofrece una percepción más compleja y prolongada en boca.

Presencia de sabores extraños

En la tabla 54 se presenta los resultados del análisis de varianza correspondiente al atributo presencia de sabores extraños del vino blanco, con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 54 Análisis de varianza de la variable presencia de sabores extraños en el vino blanco

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	8,45	3	2,82	35,19	< 0,0001**
Catadores	213,86	21	10,18	127,16	< 0,0001**
Error	5,05	63	0,08		
Total	227,36	87			
CV(%)	9,02				

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación gl= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto altamente significativo del tratamiento ($F = 35,19$; $p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 127,16$; $p < 0,0001$), indicando diferencias estadísticas en la presencia de sabores extraños en el vino blanco. El coeficiente de variación ($CV = 9,02\%$) refleja adecuada precisión experimental. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que el tipo de barril influyó significativamente en la aparición o percepción de sabores no deseados.

La diferencia se asocia a la liberación diferencial de compuestos fenólicos de bajo peso molecular, aldehídos y posibles compuestos derivados de la degradación de lignina y hemicelulosa presentes en la madera. Dependiendo de la composición química y el nivel de porosidad del nogal y del capulí, estos compuestos pueden integrarse de forma armónica o, en concentraciones elevadas, generar sensaciones percibidas como amargor, astringencia o notas atípicas en el vino. Por ello, la naturaleza de cada madera condiciona la presencia e intensidad de estos sabores extraños durante la evaluación sensorial. (Pascual & Noriega, 2022).

A continuación, en la tabla 55 se muestra los resultados obtenidos aplicando la prueba de tukey al 5% en la variable presencia de sabores extraños del vino blanco.

Tabla 55 Prueba de Tukey al 5% en la variable de presencia de sabores extraños del vino blanco

Tratamientos	Medias	N	E.E.		
t₄	2,82	22	0,06	A	
t₇	2,95	22	0,06	A	
t₈	3,14	22	0,06		B
t₃	3,64	22	0,06		B C

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

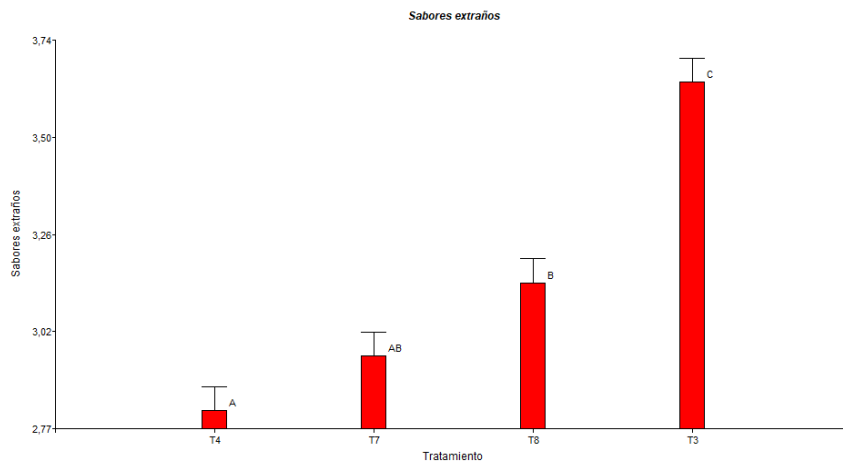
La prueba de Tukey al 5% para la variable evidencia diferencias significativas entre tratamientos, donde t_3 3,64 presenta la media más alta y t_4 2,82 la más baja; mientras que t_8 3,14 y t_7 2,95, correspondientes a capulí, se ubican en posiciones intermedias.

La superioridad de t_3 nogal se debe a una mejor estabilización de acetaldehído, alcoholes superiores y ácidos volátiles, los cuales reaccionan con compuestos fenólicos formando estructuras más estables que reducen notas punzantes o desviadas. En t_4 , aunque también es nogal, la menor puntuación indica una integración menos eficiente de estos compuestos,

permitiendo que pequeñas concentraciones se perciban con mayor intensidad. En los tratamientos con capulí t₇ y t₈, la diferencia se asocia a una menor concentración de taninos estructurantes, lo que limita parcialmente la fijación de compuestos volátiles indeseables, manteniéndose una percepción moderada de sabores ajenos (Pascual & Noriega, 2022).

La ilustración 26 indica la variación de la variable sabores extraños del vino blanco.

Ilustración 25 Variación de la variable sabores extraños en el vino blanco



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

En la ilustración se observa que t₃ presenta la mayor puntuación en ausencia de sabores extraños. Este resultado indica que el vino envejecido en nogal logra una mejor limpieza gustativa, debido a una mayor estabilización de acetaldehído y ácidos volátiles mediante su interacción con compuestos fenólicos. Esta reacción reduce notas punzantes o desviadas en boca, aunque t₄ también es de nogal t₃ mantuvo una mejor manipulación y limpieza.

Aceptabilidad

En la tabla 56 se presenta los resultados del análisis de varianza correspondiente al atributo aceptabilidad del vino blanco, con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 56 Análisis de varianza de la variable aceptabilidad general del vino blanco

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1,92	3	0,64	11,05	< 0,0001*
Catadores	64,18	21	3,06	52,83	< 0,0001*
Error	3,64	63	0,06		
Total	69,75	87			

CV(%)	7,14
--------------	------

** : altamente significativo; * : significativo ns: no significativo CV% = Coeficiente de variación gl= grados de Libertad CM= Cuadrado Medio

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El análisis de varianza evidencia un efecto significativo del tratamiento ($F = 11,05$; $p < 0,0001$) y del factor catadores ($F = 52,83$; $p < 0,0001$), indicando diferencias estadísticas en la aceptabilidad general del vino blanco. El coeficiente de variación ($CV = 7,14 \%$) muestra buena precisión experimental. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que el tipo de barril influyó significativamente en la valoración global del vino.

La diferencia en aceptabilidad se atribuye al efecto integrado de los atributos sensoriales previamente evaluados, como aroma, sabor, acidez, cuerpo y ausencia de sabores extraños. La distinta composición química y comportamiento de extracción del nogal y del capulí durante el envejecimiento condiciona el equilibrio y armonía del vino, factores que determinan la preferencia y aceptación final por parte de los evaluadores. (Arequipa, 2018)

A continuación, en la tabla 57 se muestra los resultados obtenidos aplicando la prueba de tukey al 5% en la variable aceptabilidad del vino blanco.

Tabla 57 Prueba de Tukey al 5% en la variable de aceptabilidad general del vino blanco

Tratamientos	Medias	N	E.E.	
t₄	3,11	22	0,05	A
t₈	3,45	22	0,05	B
t₇	3,45	22	0,05	B
t₃	3,45	22	0,05	B

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

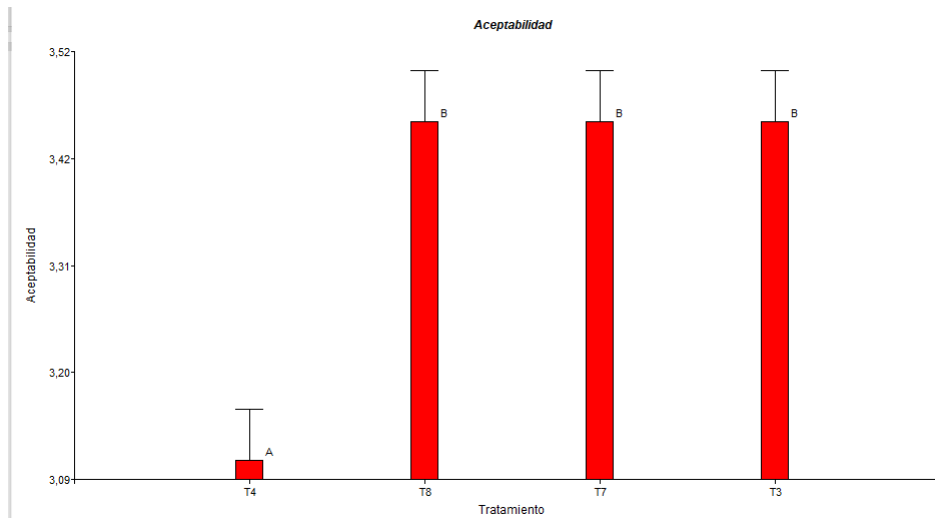
La prueba de Tukey al 5% muestra diferencias significativas entre tratamientos. t_4 3,11 se ubica en el grupo estadísticamente inferior (A), mientras que t_3 , t_7 y t_8 3,45 alcanzan la media más alta y se agrupan en el rango superior (B), sin diferencias entre ellos.

La menor aceptabilidad en t_4 , correspondiente a madera de nogal, se debe a una integración menos equilibrada entre compuestos fenólicos, alcohol y acidez, lo que genera una percepción ligeramente menos armónica. En contraste, t_3 nogal y t_7 – t_8 capulí presentan mayor aceptación porque la interacción madera-vino favorece una mejor estabilización de aldehídos aromáticos, taninos y ácidos orgánicos, logrando mayor redondez, equilibrio gustativo y persistencia

aromática, factores que influyen directamente en la valoración global del vino. (Sánchez-Palomo, 2015)

La ilustración 27 indica la variación de la variable aceptabilidad del vino blanco.

Ilustración 26 Variación de la variable aceptabilidad del vino blanco



Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Se observa que t₃, t₇ y t₈ alcanzan la mayor aceptabilidad, destacándose sobre t₄. Estos tratamientos presentan mejor valoración porque logran una mayor armonización entre aroma, sabor, cuerpo y acidez. En t₃ nogal la adecuada integración de compuestos fenólicos aporta redondez y equilibrio, mientras que en t₇ y t₈ capulí la persistencia aromática y la buena expresión en boca favorecen una percepción más agradable. Como resultado, estos vinos muestran un perfil sensorial más equilibrado y satisfactorio en conjunto.

12.8 Selección del mejor tratamiento con relación al análisis sensorial del vino tinto y blanco

La tabla 58 muestra los tratamientos seleccionados del vino tinto y del vino blanco mostrando los valores obtenidos en cada análisis y variable.

Tabla 58 Mejor tratamiento del vino tinto y blanco según los análisis fisicoquímicos

	Análisis Fisicoquímicos	
	Vino Tinto	Vino Blanco
Tratamiento	t ₂	t ₃
Ph	4,1	3,8
Sólidos Solubles	3,24	3,57
Color	0,537	0,125

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Los resultados permitieron determinar cómo mejores tratamientos al t_2 en vino tinto (nogal 4 meses) y al t_3 en vino blanco (nogal 2 meses), ambos envejecidos en barriles de *Juglans regia*. Esto confirma que la crianza en madera influye directamente en la evolución fisicoquímica del vino, pero el tiempo óptimo depende del tipo de vino.

En el vino tinto t_2 , el pH de 4,1, sólidos solubles 3,24 y el valor de color de 0,537 evidencian una adecuada estabilización fenólica, favorecida por el intercambio controlado de oxígeno a través de la madera, lo que promueve reacciones de polimerización entre taninos y antocianinas durante el envejecimiento (Hidalgo Togados, 2011). Según Blouin, (1999), la crianza prolongada en barrica en vinos tintos contribuye al desarrollo de estructura y estabilidad cromática, lo que explica su mejor desempeño a los 4 meses.

En el vino blanco t_3 , el pH de 3,8, sólidos solubles de 3,57 y el color de 0,125 indican que un tiempo menor de contacto con la madera (2 meses) permitió mantener fresca y estabilidad sin generar oxidaciones excesivas. La literatura señala que los vinos blancos requieren tiempos más cortos de envejecimiento en madera para preservar su perfil aromático (Blouin, 1999)

Pero mejor aceptabilidad en las maderas fue la del nogal pero tampoco tuvo tanta diferencia con la madera de capulí solo que nos faltó más tiempo para envejecer el vino para que pueda tener mejor características a la madera.

Tabla 59 Mejor tratamiento del vino tinto y blanco según el análisis sensorial

Tratamiento	Análisis Sensorial	
	Vino Tinto	Vino Blanco
	t_2	t_3
Color	2,20	2,14
Aspecto	2,66	3,34
Primera impresión	2,39	3,07
Intensidad aromática	2,82	2,98
Calidad olfativa	3,09	4,16
Duración del aroma	2,98	3,07
Acidez	2,90	2,61
Poder alcohólico	3,10	3,75
Sabor (aroma en boca)	3,71	3,70
Presencia de sabores extraños	2,76	3,64
Aceptabilidad	3,14	3,45

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

La Tabla 59 evidencia que los mejores tratamientos fueron el t₂ (vino tinto, nogal 4 meses) y el t₃ (vino blanco, nogal 2 meses), ambos envejecidos en barriles de *Juglans regia*, lo que confirma la influencia positiva de la madera en las características sensoriales.

En el vino tinto t₂, destacó el atributo sabor (3,71), seguido de poder alcohólico (3,10) y aceptabilidad (3,14), lo que indica que el tiempo de 4 meses permitió una mayor integración entre compuestos fenólicos y alcohol, favoreciendo estructura y complejidad. Según Hidalgo, (2011), la crianza prolongada en madera en vinos tintos mejora la armonización entre taninos y compuestos aromáticos, intensificando la percepción en boca.

En el vino blanco t₃, sobresalieron calidad olfativa (4,16), poder alcohólico (3,75) y aceptabilidad (3,45), valores superiores al vino tinto en varios atributos. Esto sugiere que 2 meses de envejecimiento fueron suficientes para aportar notas aromáticas provenientes de la madera sin afectar la frescura característica del vino blanco. Blouin, (1999) señala que los vinos blancos requieren tiempos más cortos de crianza para preservar su perfil aromático y evitar sobrecargas tánicas.

12.9 Análisis Físicoquímicos del mejor tratamiento del vino tinto y blanco.

En la Tabla 60 se presentan los análisis realizados al mejor tratamiento t₂ del vino tinto según los requisitos de la normativa INEN 372:2016

Tabla 60 Análisis físicoquímicos del mejor tratamiento del vino tinto

Parámetro	Método	Unidades	Resultado	Requisitos Norma INEN 372:2016	
				Min	Max
Grado alcohólico	INEN 340	% v/v	8,39	8	23
Metanol	OIV-MA-AS312-03B	mg/L	483,08	---	400
Acidez total	OIV-MA-AS313-01	g ácido tartárico/ L	10,23	---	---
Anhídrido sulfuroso total	OIV-MA-AS323-04B	mg /L	29,44	---	400
Polifenoles Totales	AOAC 2017.13 modificado	mg ácido gálico /100 MI	23,44	---	---
Azúcares totales	AOAC 977.20 modificado	g/L	0,00	---	---

Fructosa			0,00		
Glucosa			0,00		
Sacarosa			0,00		
Lactosa			0,00		

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El tratamiento T2, envejecido durante 4 meses en barril de nogal (*Juglans regia*), presenta parámetros fisicoquímicos que en su mayoría cumplen con la Norma NTE INEN 372:2016, evidenciando el efecto de la madera en la evolución y estructura del vino tinto. El grado alcohólico de 8,39 % v/v se encuentra dentro del rango permitido (8–23 % v/v) (NTE INEN, 2016). Este contenido favorece la extracción de compuestos fenólicos del nogal, ya que el etanol actúa como solvente facilitando la liberación de taninos y otras sustancias que aportan cuerpo y estabilidad. En vinos tintos envejecidos en roble, se reportan valores entre 12 y 15 % v/v, asociados a mayor capacidad extractiva y complejidad estructural (Jackson, 2014).

El contenido de metanol (483,08 mg/L) supera el límite máximo permitido (400 mg/L) según la NTE INEN 372:2016, lo que indica la necesidad de controlar variables del proceso fermentativo, especialmente la degradación de pectinas durante la maceración. En vinos tintos, el metanol puede incrementarse debido al mayor contacto con los hollejos; sin embargo, en procesos controlados suele mantenerse dentro del rango normativo (Sanza & Alamo, 2018).

La acidez total (10,23 g ácido tartárico/L) refleja un vino con marcada estructura ácida, característica que puede asociarse tanto a la materia prima como a la evolución durante la crianza. La microoxigenación natural proporcionada por el barril de nogal favorece la estabilización de compuestos fenólicos y la integración de los ácidos orgánicos, contribuyendo al equilibrio en boca (Hidalgo Togoeres, 2011).

El anhídrido sulfuroso total (29,44 mg/L) se encuentra muy por debajo del límite máximo permitido (400 mg/L) (NTE INEN, 2016), lo que sugiere adecuada estabilidad oxidativa. La presencia de compuestos fenólicos extraídos del nogal puede contribuir a la protección antioxidante, reduciendo la necesidad de mayores concentraciones de SO₂ (López & Hernández, 2009).

El contenido de polifenoles totales (23,44 mg ácido gálico/100 mL) evidencia una extracción significativa de compuestos fenólicos, coherente con el mayor tiempo de envejecimiento (4 meses). En vinos tintos envejecidos en roble, las concentraciones suelen ser superiores debido

al aporte de taninos elágicos; sin embargo, el nogal proporciona una estructura más moderada y equilibrada (Jackson, 2014).

Finalmente, la ausencia de azúcares fermentables (0,00 g/L) confirma que se trata de un vino seco y estable, sin riesgo de refermentación.

El envejecimiento en barril de nogal durante 4 meses favoreció la extracción fenólica, la estabilidad antioxidante y la integración estructural del vino tinto. Aunque el roble tradicional puede generar mayor intensidad tánica, el nogal se presenta como una alternativa viable que aporta equilibrio y complejidad moderada, manteniendo en general el cumplimiento normativo, con excepción del parámetro metanol que requiere ajuste en el proceso.

En la Tabla 61 se presentan los análisis realizados al mejor tratamiento t₃ del vino blanco según los requisitos de la normativa INEN 372:2016

Tabla 61 Análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento del vino blanco

Parámetro	Método	Unidades	Resultado	Requisitos Norma INEN 372:2016	
				Min	Max
Grado alcohólico	INEN 340	% v/v	16,10	8	23
Metanol	OIV-MA-AS312-03B	mg/L	16,64	---	400
Acidez total	OIV-MA-AS313-01	g ácido tartárico/ L	3,40	---	---
Anhídrido sulfuroso total	OIV-MA-AS323-04B	mg /L	16,49	---	400
Polifenoles Totales	AOAC 2017.13 modificado	mg ácido gálico /100 mL	5,39	---	---
Azúcares totales	AOAC 977.20 modificado	g/L	0,00	---	---
Fructosa			0,00		
Glucosa			0,00		
Sacarosa			0,00		
Lactosa			0,00		

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

El tratamiento t₃, envejecido en barril de nogal, presenta parámetros fisicoquímicos que cumplen con la Norma NTE INEN 372:2016 y evidencian el efecto positivo de esta madera en la estabilidad y calidad del vino. El grado alcohólico de 16,10 % v/v se encuentra dentro del rango permitido (8–23 % v/v) (NTE INEN, 2016) y favorece la extracción de compuestos del nogal, ya que el etanol actúa como solvente facilitando la liberación de taninos y compuestos fenólicos que aportan estructura y estabilidad. En vinos blancos envejecidos en roble, diversos autores reportan grados alcohólicos similares, entre 13 y 17% v/v, favoreciendo igualmente la extracción de compuestos fenólicos (Jackson, 2014).

El metanol (16,64 mg/L) se encuentra muy por debajo del límite máximo permitido (400 mg/L), lo que confirma un proceso fermentativo adecuado y seguro (NTE INEN, 2016). La crianza en nogal no incrementa este parámetro, demostrando que la madera no afecta negativamente la composición del vino. En vinos blancos envejecidos en roble, los valores suelen oscilar entre 20 y 150 mg/L, manteniéndose igualmente dentro de la normativa (Sanza & Alamo, 2018).

La acidez total (3,40 g ácido tartárico/L) refleja un vino equilibrado. La microoxigenación natural proporcionada por el barril de nogal favorece la estabilización y la integración de los ácidos orgánicos, suavizando la percepción en boca. En comparación, vinos blancos envejecidos en roble suelen presentar acideces entre 4,0 y 6,5 g/L (Jackson, 2014), asociadas a perfiles más estructurados. El nogal, en cambio, aporta una evolución más delicada, preservando la frescura.

El anhídrido sulfuroso total (16,49 mg/L) es considerablemente inferior al límite máximo permitido (400 mg/L) (NTE INEN, 2016). Esto sugiere que los compuestos fenólicos y antioxidantes extraídos del nogal contribuyen a la protección frente a la oxidación, reduciendo la necesidad de mayores adiciones de SO₂ (López & Hernández, 2009). En vinos blancos envejecidos en roble, los valores suelen situarse entre 20 y 120 mg/L, dependiendo del tiempo de crianza.

El contenido de polifenoles totales (5,39 mg ácido gálico/100 mL) evidencia una extracción moderada de compuestos fenólicos desde la madera de nogal. Estos compuestos aportan ligera estructura, estabilidad oxidativa y posible complejidad aromática sin generar excesiva astringencia. En comparación, vinos blancos envejecidos en roble suelen presentar concentraciones entre 8 y 15 mg ácido gálico/100 mL, debido a su mayor contenido de taninos elágicos (Jackson, 2014). Por tanto, el nogal ofrece un aporte más sutil y equilibrado.

Finalmente, la ausencia de azúcares fermentables (0,00 g/L) confirma que se trata de un vino seco y estable, donde la madera de nogal no interfiere con la estabilidad microbiológica.

En conjunto, el envejecimiento en barril de nogal aportó compuestos fenólicos moderados, contribuyó a la estabilidad antioxidante, favoreció la microoxigenación y permitió una integración armónica del alcohol y la acidez. Aunque el roble suele generar vinos con mayor intensidad estructural y fenólica, el nogal se presenta como una alternativa técnicamente adecuada, aportando suavidad, equilibrio y complejidad moderada sin alterar el cumplimiento normativo.

13 Impactos del proyecto

13.1 Impacto técnico

El proyecto genera un impacto técnico al aportar conocimiento aplicado sobre el uso de maderas alternativas al roble, específicamente nogal (*Juglans regia*) y capulí (*Prunus serotina*), en el proceso de envejecimiento del vino tinto y blanco. Los resultados obtenidos permiten demostrar la viabilidad técnica de estas maderas locales, evidenciando su influencia en las características fisicoquímicas y sensoriales del vino. De esta manera, se amplían las opciones tecnológicas disponibles para la industria vitivinícola, promoviendo la innovación mediante el uso de recursos locales.

13.2 Impacto social

Desde el punto de vista social, el proyecto contribuye a revalorizar las maderas propias de la localidad, al difundir su potencial uso en la elaboración y envejecimiento del vino. Esto favorece la transferencia de conocimiento hacia productores, estudiantes y pequeños emprendimientos, fortaleciendo el sentido de identidad y aprovechamiento de los recursos naturales de la zona.

13.3 Impacto económico

El impacto económico se relaciona con la reducción de costos de producción, al considerar el uso de maderas locales como alternativa a la madera de roble, la cual es generalmente importada y de mayor costo. La utilización de nogal y capulí puede representar una opción más rentable para el envejecimiento del vino, especialmente para pequeños y medianos productores, mejorando su competitividad y fomentando el desarrollo de productos diferenciados con valor agregado.

13.4 Impacto ambiental

El proyecto evidencia que las maderas locales, nogal y capulí, pueden ser utilizadas en el envejecimiento del vino, ofreciendo una alternativa al uso de roble importado. Esto permite un aprovechamiento más eficiente de los recursos forestales disponibles en la localidad, mostrando que es posible elaborar vinos de calidad sin depender de especies externas. Así, se promueve la valorización de las maderas locales y se fomenta un uso responsable de los recursos naturales, alineado con prácticas de producción más sostenibles.

14 Recursos y presupuesto

Tabla 62 Costo de producción del vino tinto

Ingredientes	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor
Uva negra	Materia prima	3 cajas	\$20,00	\$60,00
Sacarosa	Azúcar	7 lb	\$0,50	\$3,50
Bentonita	Clarificador		\$5,00	\$5,00
Levadura activa seca	Levadura	3 sobres	\$0,25	\$0,75
Sulfito		13 g	\$0,10	\$1,30
Agua		1 botellón	\$2,50	\$2,50
Envases		32 botellas	\$1,25	\$40
Total				\$113,05

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Suministro de energía

100% \$113,05

4% X = \$4,52

Equipos e ingredientes

100% \$113,05

5% X = \$5,65

Mano de obra

100% \$113,05

10% X = \$11,31

Depreciación del barril de madera

Datos del barril

Costo del barril: USD 83,00

Vida útil estimada: 5 años

Método: lineal

Producción anual: 3 lote

Son total 8 barriles = $8 * 5,53 = 44,24$

Tabla 63 Sumatoria de los gastos del vino tinto

\$113,05	Total de gastos en ingredientes
\$4,52	Suministros de energía
\$5,65	Equipos e ingredientes
\$11,31	Mano de obra
\$44,24	Depreciación del barril
\$178,77	Total de gastos

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Costo neto por botella de 750 ml de vino tinto

Utilidad

100% \$5,59

20% X = \$1,12

Costo neto + Ganancia

\$5,59 + \$1,12 = \$ 6,71

El análisis del costo de producción del vino tinto mostró que los principales gastos corresponden a la materia prima, envases y la depreciación de los barriles de madera. Los costos indirectos, como energía, equipos y mano de obra, también representan una parte importante del total.

El costo total por lote fue de USD 178,77, con un costo unitario de USD 5,59 por botella de 750 ml. Aplicando un margen de utilidad del 20 %, se propone un precio de venta de USD 6,71 por botella, que cubre los costos y asegura una rentabilidad moderada.

Estos resultados indican que la producción de vino tinto es económicamente viable, y el costo está justificado por la calidad sensorial y el valor agregado del producto final.

Tabla 64 Costo de producción del vino blanco

Ingredientes	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor
Uva verde	Materia prima	3 cajas	\$40	\$120,00
Sacarosa	Azúcar	7 lb	\$0,50	\$3,50
Bentonita	Clarificador		\$5,00	\$5,00

Levadura activa seca	Levadura	3 sobres	\$0,25	\$0,75
Sulfito		13 g	\$0,10	\$1,30
Agua		1 botellón	\$2,50	\$2,50
Envases		26 botellas	\$1,25	\$32,5
Total				\$165,55

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Suministro de energía

100% \$165,55

4% X = \$6,62

Equipos e ingredientes

100% \$165,55

5% X = \$8,28

Mano de obra

100% \$165,55

10% X = \$16,55

Depreciación del barril de madera

Datos del barril

Costo del barril: USD 83,00

Vida útil estimada: 5 años

Método: lineal

Producción anual: 3 lote

Son total 8 barriles = $8 * 5,53 = 44,24$

Tabla 65 Sumatoria de los gastos del vino blanco

\$165,55	Total de gastos en ingredientes
\$6,62	Suministros de energía
\$8,28	Equipos e ingredientes
\$16,55	Mano de obra
\$44,24	Depreciación del barril
\$241,24	Total de gastos

Fuente: (Lescano & Velozo, 2026)

Costo neto por botella de 750 ml de vino blanco

Utilidad

100% \$9,28

$$20\% \quad X = \$1,86$$

Costo neto + Ganancia

$$\$9,28 + \$1,86 = \$ 11,14$$

El análisis del costo de producción del vino blanco mostró que los principales gastos se concentran en la materia prima, envases y la depreciación de los barriles de madera. Los costos indirectos, como energía, equipos y mano de obra, representan un porcentaje adicional significativo. El costo total por lote fue de USD 241,24, con un costo unitario de USD 9,28 por botella de 750 ml.

Al aplicar un margen de utilidad del 20 %, se propone un precio de venta de USD 11,14 por botella. Este precio refleja el valor agregado por el proceso de crianza y la calidad del producto, justificando un costo de producción mayor en comparación con el vino tinto.

En conclusión, el costo y precio establecidos demuestran la viabilidad económica del vino blanco elaborado bajo estas condiciones.

15 CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que la madera de nogal (*Juglans regia*) presentó el mejor desempeño tecnológico, fisicoquímico y sensorial en el proceso de envejecimiento tanto del vino tinto como del vino blanco, consolidándose como la alternativa más eficiente frente a la madera de capulí evaluada.

En el vino tinto t₂, el envejecimiento en nogal permitió mantener un pH de 4,1 y sólidos solubles de 3,24 °Brix, evidenciando estabilidad fisicoquímica y fermentación completa. El análisis cromático mostró mayor intensidad de color 0,537, asociada a una adecuada extracción y estabilización de compuestos fenólicos durante la crianza. En los análisis finales, el tratamiento presentó un grado alcohólico de 8,39 % v/v, acidez total de 10,23 g/L, anhídrido sulfuroso total de 29,44 mg/L y polifenoles totales de 23,44 mg de ácido gálico/100 mL, sin presencia de azúcares fermentables, clasificándose como vino seco. No obstante, el contenido de metanol 483,08 mg/L superó el límite establecido por la Norma INEN 372:2016 400 mg/L, lo que indica la necesidad de optimizar el control tecnológico del proceso, especialmente en la maceración y manejo de la materia prima.

En el vino blanco t_3 , el tratamiento envejecido en nogal registró un pH de 3,8 y sólidos solubles de 3,57 °Brix, manteniendo estabilidad durante la crianza. El análisis espectrofotométrico evidenció adecuada claridad y estabilidad cromática 0,125, característica deseable en vinos blancos. Asimismo, presentó un grado alcohólico de 16,10 % v/v, metanol de 16,64 mg/L, acidez total de 3,40 g/L, anhídrido sulfuroso total de 16,49 mg/L y polifenoles totales de 5,39 mg/100 mL, sin azúcares residuales, cumpliendo con los parámetros normativos establecidos.

Desde el punto de vista sensorial, el tratamiento T_2 en vino tinto alcanzó una aceptabilidad general de 3,14 puntos, mientras que el tratamiento T_3 en vino blanco obtuvo 3,45 puntos. Estos resultados confirman que la madera de nogal favoreció la estabilidad fisicoquímica, la intensidad cromática y la armonía sensorial del producto final.

Por su parte, la madera de capulí (*Prunus serotina*) también presentó resultados fisicoquímicos y sensoriales favorables, evidenciando potencial como alternativa local para el envejecimiento de vinos. Sin embargo, mostró menor intensidad cromática y estructural en comparación con el nogal, lo que sugiere que requiere un mayor tiempo de envejecimiento para lograr una extracción más eficiente de sus compuestos fenólicos y precursores aromáticos, permitiendo así potenciar sus propiedades enológicas.

En el análisis económico, el vino tinto presentó un costo unitario de USD 5,59 por botella y el vino blanco de USD 9,28, evidenciando viabilidad financiera con un margen de utilidad del 20 %.

En consecuencia, la utilización de madera de nogal constituye una alternativa técnica, sensorial y económicamente viable para el envejecimiento de vinos en el contexto agroindustrial ecuatoriano. Asimismo, el capulí se perfila como una opción prometedora que, bajo condiciones optimizadas de tiempo de crianza, podría consolidarse como una madera competitiva y sostenible, promoviendo el aprovechamiento de recursos forestales locales y fortaleciendo la innovación productiva con identidad nacional.

16 RECOMENDACIONES

Para preservar las características físico-químicas y sensoriales del vino durante el proceso de análisis y envejecimiento, se recomienda almacenar el vino en barriles de madera bajo condiciones ambientales controladas. La temperatura debe mantenerse estable entre 12 y 13 °C,

evitando fluctuaciones que puedan afectar parámetros como el pH, la acidez, el contenido alcohólico y la estabilidad del color. Además, es esencial proteger los barriles de la luz, especialmente de la radiación solar, para prevenir procesos de oxidación no deseados y la degradación de compuestos fenólicos que influyen en la calidad del vino.

Es fundamental asegurar que los barriles estén en óptimas condiciones sanitarias y que sean sometidos a una correcta higienización antes y después de su uso. Esto contribuye a evitar contaminaciones microbiológicas que podrían comprometer la estabilidad y calidad del producto final. Para ello, se sugiere establecer procedimientos estandarizados para la limpieza y sanitización, garantizando la inocuidad durante todo el proceso de envejecimiento.

Asimismo, se recomienda minimizar la exposición del vino al oxígeno durante las etapas de trasiego y crianza en barriles. Una oxigenación excesiva puede acelerar la oxidación, afectar la estabilidad cromática y disminuir la intensidad aromática. Para controlar este aspecto, es aconsejable realizar los trasiegos bajo condiciones controladas y mantener los barriles llenos, reduciendo el espacio de cabeza para limitar el contacto del vino con el aire.

Estas prácticas permitirán conservar las propiedades organolépticas y físico-químicas del vino, optimizando su calidad durante el envejecimiento y asegurando un producto final con características sensoriales superiores.

17 BIBLIOGRAFÍA

Acenología. (20 de mayo de 2000). *Acenología*. Obtenido de https://www.acenologia.com/metodos_y_tendencias_de_la_crianza_en_madera/?utm_source

Álamo, S. (1998). Envejecimiento en barricas de roble del vino tinto de la D.O. Ribera del Duero. Universidad de Valladolid.

Almeida, D. H. (2013). *LOS TANINOS DE LA MADERA EN EL ENVEJECIMIENTO DE VINOS*.

Ángeles Martínez-Fernández, R. G.-C.-A. (2017). *Estudio del efecto del origen y tostado de barrica de roble en la composición físico-química y sensorial del vino. Cultura del Vino*.

- Anguita, J. C. (2003). *La encuesta como técnica de investigación: elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos*. Elsevier España.
- Anzaldúa Morales, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Editorial Acribia.
- Anzaldúa-Morales, A. (2014). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Editorial Acribia.
- Anzaldúa-Morales, A. (2014). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Editorial Acribia.
- Arequipa. (2018). Determinación del grado alcohólico, acidez volátil y total, anhídrido sulfuroso y hierro en algunos vinos semi-secos blancos y tintos comercializados en la ciudad de Arequipa.
- Arias, L. J. (2023). *Universidad Tecnica de Cotopaxi*.
- Arroyo Almeida, D. H. (2015). Google académico. En *Los taninos de la madera en el envejecimiento de vinos*.
- Balmoral, V. (2024). *Viñedos Balmoral*. Obtenido de <https://vinedosbalmoral.com/es/la-importancia-de-las-barricas-en-el-vino/>
- Baños Gaibor, K. J. (2017). *Identificación y descripción de las características anatómicas de la madera de Prunus serotina (Capulí) procedente de tres provincias: Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi*.
- Bernardi, D. M. (2019). Perfil fisicoquímico de vino blanco producido con cepas resultantes de la fusión de protoplastos de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* y *Hanseniaspora guilliermondii*). *Revista Base de la Ciencia, Universidad Técnica de Machala.*, <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/issue/view/152/Vol%204%20Num%202>.
- Betrán, P. R. (2014). *Utilización de fragmentos de roble en los procesos fermentativos y durante el envejecimiento de vinos tintos*.
- Blouin, J. &. (1999). *El gusto del vino*. Mundi-Prensa Libros.
- Braga, M. (6 de agosto de 2020). *Blog Mariano braga*. Obtenido de <https://marianobraga.com/blog/los-tostados-de-la-madera/>

- Bretón. (2017). *Dialnet*. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6337789&utm_source=chatgpt.com
- Cacho, J. F. (2012). *Análisis sensorial del vino*. Acribia.
- Calapiña, L. A. (2014). *Diseño de un proceso para la obtención de compuestos fenólicos del pericarpio de la semilla del Nogal y extracción del azeite de la nuez*. Quito .
- Cañas, S. (2017). Composición fenólica y propiedades relacionadas de los aguardientes de vino añejos: Influencia de las características de la barrica. Una revisión. *Beverages*, 3(4), 1–23.
- Carlos, G. (2021). Compuestos fenólicos en vinos: influencia en la calidad sensorial y capacidad antioxidante. *Revista Chilena de Nutrición*.
- Chaves Muñoz, M. (2012). *Uso de virutas de roble como sistema alternativo al envejecimiento en barrica de vinos Sherry tipo oloroso*. Universidad de Córdoba.
- Córdova, A. G. (2016). *Evaluación del contenido de metanol en bebidas alcohólicas fermentadas*. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 45(2), 245-254.
- Cortiella, G. (2014). *INFLUENCIA DE LA MADUREZ DE LA UVA Y DE CIERTAS PRÁCTICAS*.
- Crespón Lechón, J. C. (2024). *Estudio del potencial de uso de nuevas maderas en formato de alternativos con vino blanco*. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/69565>
- Cruz de Aquino, R. (2012). *Scielo*.
- Curibanco, S. (2018). *Elaboración de vino blanco [Informe de prácticas preprofesionales]*. *Cervecería Artesanal Malaspina*.
- Escudero, A. &. (2006). *Química y tecnología del vino: Fundamentos y aplicación práctica*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Espinosa, E. (2017). *Crianza de vinos de Tempranillo en depósito con duelas de roble como alternativa al envejecimiento en barrica*.
- Feng, Z. (2024). Caracterización química y sensorial de vinos Tempranillo envejecidos en barricas de roble *Quercus alba* de diferentes orígenes geográficos.

- Fernández, V. B. (2019). *Scielo*. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-78182009000300005&script=sci_arttext
- Flanzy, C. (2003). *Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos*. AMV Ediciones / Mundi-Prensa.
- Gallego Alvarez, L. (2014). *Estudio del potencial enológico de los productos de madera de rebollo (Quercus pyrenaica Willd.) autóctono de Castilla y León para la producción de vinos de calidad*.
- García, S. P. (2021). *La crianza de vinos tintos en barricas*.
- Gayon, R. (2006). *Tratado de enología: Química del vino, estabilización y tratamientos*. Madrid- España.
- GmbH, W.-P. (2025). *Envejecimiento en barrica*. En *Enciclopedia wein.plus*. Obtenido de <https://glossaire.wein.plus/envejecimiento-en-barrica>
- Gómez-Míguez, M. J.-R. (2002). *Química del vino y análisis sensorial*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Gómez-Plaza, E. &.-L. (2011). *Efectos del envejecimiento en barrica sobre la composición y propiedades sensoriales del vino*. *Revista de Enología*.
- González Hernández, G. (2010). Obtenido de <https://portalciencia.ull.es/documentos/65b94df2080280681f17008d>
- González Sánchez, I. (2021). *nfluencia del envejecimiento sobre la composición volátil y sensorial del vino tinto [Trabajo de fin de máster, Universidad Miguel Hernández]*.
- González, & Chira, C. (2021). Impacto de las modalidades de envejecimiento en madera de roble en la composición (no) volátil y los atributos sensoriales de los vinos tintos. *OENO One*, 55(2).
- Granados, C. T. (2013). *Scielo*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642013000600006&script=sci_arttext&tlng=pt
- Gutiérrez-Escobar, C. (2021). *Scielo*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182021000100075
- Hernández-Orte, P. C. (2014). Evolución de la composición aromática del vino durante el envejecimiento. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*.

- Hidalgo Togores, J. (2011). Tratado de enología. Volumen I: La uva, el vino y su elaboración (2.ª ed.). Mundi-Prensa.
- ICEX, 2. (2023). *El mercado del vino en Ecuador*. Obtenido de <https://www.icex.es/content/dam/icex/centros/ecuador/documentos/2023/estudio-mercado-vino-ecuador-2023-resumen.pdf>
- INEN, N. (2015). *Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 372: Bebidas Alcohólicas. Vinos. Requisitos*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/675816040/NTE-INEN-372-VINOS>
- Jackson. (2014). *Enología: Principios y aplicaciones*. Elsevier Academic Press, Ámsterdam, 996 p.
- Jackson, R. S. (2014). *Scielo*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182014000300007
- Lawless, H., & Heymann, H. (2010). *Evaluación Sensorial de Principios y Prácticas de la Ciencia de los Alimentos*. Capítulo 1, 2.ª Edición, Ithaca, Nueva York.
- Lechón, C. (2024). Estudio del potencial de uso de nuevas maderas en formato de alternativos con vino blanco.
- Loewe y Gonzales. (2001). *una alternativa para producir madera de alto valor*.
- López, & Hernández, J. (2009). *Scielo*. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182009000300005
- López, R. C. (2010). *Defectos sensoriales en el vino: causas y soluciones*. *Revista de Enología*.
- Maribel, C.-G. (2019). Louis Pasteur (1822-1895).
- Martínez, C. (2018). Envejecimiento en botella de vinos macerados con productos alternativos de *Quercus pyrenaica*.
- Martinez, J. (2017). ENVEJECIMIENTO DE VINOS EN BARRICAS Y. *ZUBÍA*.
- Maureira Lazo, A. E. (2019). *Innovación y Capital Social, Factores Claves que Facilitan la Formación y Desarrollo de un Cluster en el Sector Vitivinícola Chileno*".
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, T. (2016). *Sensory Evaluation Techniques* (4.ª ed.). Acribia.

- Melero, C. L. (2009). *Estudio y aplicación de nuevos procesos para la mejora de elaboración de vinos tintos en zonas de clima calido*. Universidad de Cádiz.
- Méndez, J. (2022). Estudio de las propiedades enológicas de la naranjilla con fines gastronómicos en Pacto-Pichincha. *La Granja*.
- Merino García, S. (2015). *Crianza en barricas y otras alternativas: efectos de la adición de astillas de roble y oxígeno en las características fenólicas de los vinos tintos (Tesis doctoral)*. Universidad de Valladolid.
- Merino, G. (2015). *Crianza en barricas y otras alternativas: efectos de la adición de astillas de roble y oxígeno en las características fenólicas de los vinos tintos*. Valladolid.
- Ministerio del Trabajo del Ecuador. (2025). *Ministerio del Trabajo del Ecuador*. Obtenido de https://nmslaw.com.ec/blog/2024/12/23/salario-basico-unificado-sbu-2025-ecuador/?utm_source
- Montgomery, D. C. (2017). *Diseño y análisis de experimentos*.
- Moreno-Arribas, M. V. (2009). *Química y bioquímica del vino*. Editorial Acribia.
- NTE INEN, 3. (2016). *Norma Técnica Ecuatoriana*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/675816040/NTE-INEN-372-VINOS>
- OIV. (2023). *Parámetros analíticos habituales para vinos – Azúcares residuales y clasificación sensorial*. OIV Technical Standards.
- Palomar, J. C. (29 de agosto de 2006). *Acenología*. Obtenido de https://www.acenologia.com/ciencia76_1/?utm_source=chatgpt.com
- Palomar, J. C. (29 de Agosto de 2006). *ACENOLOGÍA*. Obtenido de https://www.acenologia.com/ciencia76_1/?utm_source
- Pascual, & Noriega. (2022). *Estudio de compuestos volátiles de maderas distintas a los robles y su uso potencial en enología*. Universidad de Valladolid].
- Pascual, O. N. (2022). *Compuestos Volátiles de Maderas Distintas a*.
- Peinado, R. A. (2004). *Fundamentos de enología: Aspectos químicos y tecnológicos*. Editorial Síntesis.
- Peña-Neira, A. C.-S. (2007). *Influencia del envejecimiento en madera sobre la composición aromática del vino*. Ciencia e Investigación Agraria.

- Peynaud, É. (2006). *El gusto del vino*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Pilapanta Bombon, J. M. (2022). Obtención de bebida alcohólica tipo vino de frutas a base de arándano azul (*Vaccinium corymbosum*) y feijoa (*Acca sellowiana*) (Proyecto de investigación de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi). . *Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales*.
- Pilar Rubio-Bretón, M. B.-D.-Á.-C. (2017). ENVEJECIMIENTO DE VINOS EN BARRICAS Y ALTERNATIVOS DE ROBLE. *Zubìa*, 156.
- Prat García, S. (2022). *La crianza de vinos tintos en barricas con aporte de oxígeno controlado*.
- Racines, S. (2022). *Redalyc*. Obtenido de <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.3731>
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donéche, B., & Lonvaud, A. (2003). Tratado de enología. Volumen I: Microbiología del vino y vinificaciones. Acribia.
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donéche, B., & Lonvaud, A. (2003). Tratado de enología. Volumen II: Química del vino. Estabilización y tratamientos. Acribia.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006). Handbook of enology. Volume 2: The chemistry of wine stabilization and treatments (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Rodriguez, P. (2008). *Estudio del perfil aromático durante la crianza de vinos D.o Jumilla Factores Influyentes*.
- Rubio, B. &. (2014). Utilización de fragmentos de roble en los procesos fermentativos y durante el envejecimiento de vinos tintos.
- Salamanca, U. d. (2017). Obtenido de https://guias.usal.es/historico/guias_2017/node/20514.html
- Salazar, M. d. (31 de Octubre de 2006). *Cenología*.
- Sánchez-Palomo, E. D.-M.-V. (2015). *Importancia de la calidad sensorial en la aceptación del vino. Food Quality and Preference*,.
- Sanza, & Alamo, &. (2018). *La barrica de roble como recipiente activo: una revisión crítica de los conocimientos pasados y actuales*.
- Sanza, M. d. (2006). *CENOLOGÍA*. Obtenido de https://www.acenologia.com/ciencia76_03/?utm_source=

- Scarpetta, G. A. (2022). *Análisis comparativo de la*
- Schumacher, Rafael Lizandro. (2014). *Nuevas tecnologías vitícolas y enológicas para la obtención de vinos de calidad*.
- Serrano Cardona, C. M. (2020). *Estudio y caracterización de los polifenoles provenientes de los residuos de la exploración forestal del nogal*.
- Simal, & Casado, &. (2015). *Estudio de las propiedades físicas de la madera para el envejecimiento de vinos: maderas alternativas al roble*. Universidad de Valladolid.
- Soto-García. (30 de JUNIO de 2020). *SCIELO*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712020000100400
- Stone, H., & Sidel, J. (2004). *Prácticas de evaluación sensorial*. Libros de Google.
- Stone, H., Bleibaum, R., & Thomas, H. (2012). *Prácticas de evaluación sensorial* (4.^a ed.). Elsevier Academic Press.
- Terán, T. (2023). *Estudio sobre métodos de extracción del árbol de nogal de las especies Juglans regia L. y Juglans nigra*.
- Togores, J. H. (2011). *Tratado de Enología*. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
- Tomás Hernández, N. &. (2016). Efecto del tipo de madera y su envejecimiento sobre la fracción volátil del vino.
- Universidad de la Rioja*. (s.f.). Obtenido de https://www.unirioja.es/cu/fede/color_de_vino/capitulo06.pdf
- Vargas-Ramella, M. R. (2020). *Scielo*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642020000400151
- Verde, R. F. (2015). *Historia y arqueología en la cultura*.
- Vino, O. I. (2019). *Compendio internacional de métodos de análisis de los vinos y mostos. París, Francia: OIV*.
- Vino., C. d. (14 de junio de 2016). *cata del vino* . Obtenido de <https://www.catadelvino.com/blog-cata-vino/que-sucede-entre-el-vino-y-la-madera-de-la-barrica-donde-realiza-la-crianza>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016). *Comprensión de la química del vino*.

Zamora, F. (2003). *El vino: de la cepa a la copa*. Mundi-Prensa.

Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. C., Gump, B. H., & Nury, F. S. (2001). Análisis y producción de vino.

Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. C., Gump, B. H., & Nury, F. S. (2012). Análisis y producción de vino. Editorial Acribia.

