



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Grado en Enología

**Estudio comparativo del uso de
alternativos para mejorar el perfil sensorial
de vinos tintos durante la vinificación.**

Alumno/a: Marina Jambrina González

**Tutor/a: Ana María Martínez Gil y
María del Alamo Sanza
Cotutor/a: Rosario Sánchez Gómez**

Junio de 2025



Copia para el tutor/a

ÍNDICE

1. RESUMEN/ABSTRACT	2
2. INTRODUCCIÓN	4
3. JUSTIFICACIÓN	6
4. OBJETIVOS	6
5. MATERIALES Y MÉTODOS	7
5.1 Uva y viñedo	7
5.2 Selección de productos alternativos y dosis	7
5.3 Diseño del experimento	7
5.3.1 Fermentaciones con astillas	8
5.3.2 Envejecimiento con astillas	9
5.4 Métodos de análisis	10
5.4.1 Análisis químico	10
5.4.2 Análisis sensorial	11
5.4.3 Análisis estadístico	11
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
6.1 Mosto	12
6.2 Fermentaciones	12
6.3 Envejecimiento	20
7. CONCLUSIONES	27
8. BIBLIOGRAFÍA	28
9. ANEXOS	30

1. RESUMEN/ABSTRACT

Los vinos elaborados que no presentan la calidad suficiente para formar parte de los vinos de la marca de una bodega se suelen destinar a la venta a granel. Los factores que causan esta menor calidad vienen desde el viñedo por los tipos de suelo, patrón y portainjerto, edad de la plantación, enfermedades, años de menor madurez fenólica... haciendo que, en algunas ocasiones, los vinos elaborados presenten compuestos vegetales, astringentes, rústicos...

Es ampliamente conocido el uso de madera en el vino, principalmente en el vino tinto, para su envejecimiento en barricas de roble. Sin embargo, hoy en día existe un uso extendido de una gran variedad de productos alternativos como las astillas, bloques, duelas... de madera de roble. Aunque existe mucha información en la bibliografía, la gran variabilidad de los viñedos, mostos y vinos hace necesario estudiar los tratamientos óptimos en cada caso. Las principales ventajas del uso de los productos alternativos con respecto a las barricas es su menor coste, así como el menor tiempo de contacto necesario, la posibilidad de elegir la dosis, combinar tostados, utilización en diferentes momentos, fácil manejo... siendo por tanto una opción muy interesante para estos vinos de menor calidad.

Mediante el contacto del vino con la madera de alternativos, en cualquiera de sus formas, se pretende una modificación química y sensorial de los vinos. La madera cede distintos compuestos, en función del tipo de tostado y especie de madera, que modifican el perfil sensorial del vino, y también cede pequeñas cantidades de oxígeno que favorecen la polimerización de los polifenoles, estabilización del color... procesos que permiten la obtención de vinos más complejos y redondos.

Este trabajo tuvo como objetivo revalorizar los vinos de menor calidad mediante el empleo productos alternativos de madera con el fin de conseguir un mayor beneficio económico de ellos.

Se elaboraron vinos tintos con la variedad Tempranillo proveniente de una parcela joven que históricamente ha producido vinos de menor calidad, desarrollando la fermentación alcohólica en diferentes situaciones con el empleo productos alternativos de madera de roble francés (*Quercus petraea* y *Quercus robur*) y de roble americano (*Quercus alba*) de diferentes tostados y a diferentes dosis. En una segunda parte se realizó un envejecimiento en contacto con astillas de los vinos elaborados.

Se evaluaron los distintos parámetros analíticos, con especial hincapié en la evaluación de los compuestos fenólicos, el color, y propiedades sensoriales. Y, aunque no se encontraron grandes diferencias durante la fermentación, sí se obtuvieron resultados positivos sobre el uso de astillas en el envejecimiento de vinos de peor calidad, suponiendo una revalorización del vino de menor calidad.

Wines produced that don't reach the quality standards to be part of a winery's brand are often sold in bulk. The factors that cause this lower quality come from the vineyard, including soil types, rootstocks and patterns, age of the vines, diseases, years of lower phenolic maturity... sometimes leading to wines that present vegetal, astringent, or rustic compounds.

The use of wood in wine is widely known, mainly in red wine, for aging in oak barrels. However, there's now widespread use of a great variety of alternative products like chips, blocks, staves... made from oak wood. Although there's a lot of information in the literature, the great variability of vineyards, musts, and wines makes it necessary to study the optimal treatments in each case. The main advantages of using alternative products compared to barrels are their lower cost, as well as the shorter contact time needed, the possibility of choosing the dosage, combining toasts, using them at different times, easy handling... this makes them a very interesting option for these lower-quality wines.

Through the contact of wine with wood alternatives, in any of their forms, the aim is to achieve a chemical and sensory modification of the wines. The wood releases different compounds, depending on the type of toast and wood species, which modify the sensory profile of the wine. It also releases small amounts of oxygen that favor the polymerization of polyphenols, color stabilization...processes that allow the production of more complex and well-rounded wines.

This study aimed to revalorize lower-quality wines by using alternative wood products to achieve greater economic benefit from them.

Red wines were made with the Tempranillo variety from a young plot that has historically produced lower-quality wines. Alcoholic fermentation was carried out under different conditions using chips of French oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) and American oak (*Quercus alba*) of different toasts and different doses. In a second part, the wines were aged in contact with chips.

The different analytical parameters were evaluated, with special emphasis on the evaluation of phenolic compounds, color, and sensory properties. And, although no significant differences were found during fermentation, positive results were obtained regarding the use of chips in the aging of lower-quality wines, leading to a revalorization of the wine.

2. INTRODUCCIÓN

El uso de barricas de madera en el vino sucede desde hace siglos, inicialmente como mero recipiente de transporte, pero posteriormente y hasta la actualidad es muy reconocida la evolución estructural y sensorial que sufren los vinos al estar en contacto con la madera de roble.

Debido al éxito de esta práctica en todo el mundo, se han desarrollado alternativas que simplifican el proceso, estas son el uso de trozos de madera de roble en diferentes formatos: astillas, bloques, duelas, polvo... Los alternativos han sido estudiados por numerosos autores, en el caso de las astillas comparan principalmente los factores: tamaño de las astillas, tiempo de contacto, especie de madera y tostado. Las astillas son utilizadas en diferentes momentos del proceso de vinificación: durante la fermentación alcohólica (Gutiérrez Alfonso, 2002), la fermentación maloláctica y la crianza. Algunos autores como Gómez García-Carpintero et al. (2012) y García-Carpintero et al., (2011) han comparado las diferencias entre los diferentes momentos de aportación.

Durante la fermentación, los rendimientos fermentativos en presencia de madera son mayores y las levaduras pueden metabolizar algunas de las sustancias extraídas de la madera, como furfural o vainillina (Pérez-Coello et al., 2000). Además, las células de la levadura adsorben los elagitaninos de la madera que pueden provocar astringencia (Boidron et al., 1988). Al aportar astillas en fermentación, sobre todo sin tostar, se está realizando un aporte de taninos, los cuales reaccionan con los antocianos por copigmentación, aumentando el color del vino, pero para que esta unión sea estable es necesaria la presencia de oxígeno (Béteau et al., 2006). Ocurre lo mismo durante el envejecimiento, para conseguir con el uso de trozos de madera resultados comparables a los que ocurren cuando están en barricas habría que aportarle microoxigenación (del Álamo, 2006).

La principal ventaja que tienen los alternativos es su coste, por ejemplo las astillas se encuentran en el mercado a un coste en torno a los 8 €/kg (0,03 €/L), mientras que una barrica nueva puede superar con facilidad los 1.200 € (1,33 €/L suponiendo 4 usos). Además, hay que tener en cuenta la versatilidad a la hora de elegir tostados y dosis, así como el tiempo de contacto, ya que las astillas de roble pueden conseguir un aporte similar al de una barrica en muy poco tiempo, ya que tienen una cesión mucho más rápida que una barrica (Bautista-Ortín et al., 2008). Rodríguez-Bencomo et al. (2008) han observado que con el uso de astillas la concentración máxima de compuestos volátiles cedidos al vino se puede alcanzar en solo 1 mes. Esto es debido a que el vino puede infiltrarse en el xilema primario y secundario de las astillas, mientras que en la barrica no son accesibles (Jourdes et al., 2011). Una barrica tendrá una cesión más lenta y su efectividad dependerá de muchos factores, entre ellos la vida útil de la barrica, disminuyendo con los usos el aporte al vino de determinados compuestos, principalmente aromáticos, así como reduciendo la porosidad del material debido a que en los poros se van acumulando minerales, pigmentos... (Pérez-Prieto et al., 2002). Por el contrario, como inconveniente, el uso de alternativos no está tan bien visto en España como sí lo está en los países del nuevo mundo en los que emergió esta práctica (Australia, Estados Unidos, Chile...). Otro inconveniente es que esta práctica es compleja, ya que se debe ir controlando para asegurar que el vino puede asumir adecuadamente tanto la madera como las pequeñas cantidades de oxígeno que se deben ir incorporando durante el proceso, para que todo ello permita la obtención de un producto de calidad.

La Unión Europea aprobó en el año 2006 el uso de trozos de madera de roble en la elaboración de vinos, regulado por el Reglamento CE Nº 1507/2006. A nivel nacional, en España se publicó el Real Decreto 1362/2007 con el que se pretende evitar un posible engaño al consumidor, impidiendo que el etiquetado de los vinos elaborados con trozos de madera contenga términos como “envejecido en barrica”. Sin embargo, este Real Decreto deja que la decisión de utilizar o prohibir esta técnica de vinificación

recaiga sobre los reglamentos de los vinos de calidad producidos en regiones determinadas y de los vinos con indicación geográfica con ámbito superior al de una comunidad autónoma. En el pliego de condiciones de la D.O.P. Ribera del Duero no se prohíbe el uso de alternativos, pero los vinos elaborados con esta práctica enológica no podrán obtener las menciones “Roble”, “Crianza”, “Reserva” y “Gran Reserva” que acompañan únicamente a los vinos envejecidos en barricas de madera de roble.

En la industria tonelera, y por tanto en la de alternativos, aunque cada vez se estudien y utilicen una mayor variedad de especies de madera, las clásicas son el roble de origen francés (*Quercus petraea* y *Quercus robur*) y el roble americano (*Quercus alba*). La madera de roble está compuesta por macromoléculas (celulosa, hemicelulosa y lignina) que le confieren propiedades físico-mecánicas imprescindibles en el proceso de fabricación de barricas y que son esenciales porque durante el tostado se degradan provocando la formación de los principales compuestos extraíbles por el vino durante su contacto con la madera, tanto en el proceso de envejecimiento en barrica como en contacto con productos alternativos tostados. Algunos de estos compuestos son:

- Elagitaninos: son los más abundantes, aportan astringencia y amargor. Se caracterizan por su capacidad de consumir oxígeno y su contribución en procesos como la condensación de antocianos y taninos y la polimerización de flavonoles, no quedando grandes cantidades libres en el vino (Saucier et al, 2006). Además, su concentración en la madera disminuye con los procesos de secado y tostado de la misma (Fernández de Simón, 2007).
- Fenoles de bajo peso molecular: estos contribuyen de manera importante en las características organolépticas del vino, como ácidos fenólicos que aportan astringencia, amargor y que son copigmentos, o aldehídos que principalmente participan en el aroma, principalmente la vainillina que aporta aromas a vainilla. Estos compuestos aumentan su concentración durante el secado, y sobre todo tostado (Fernández de Simón, 2007).
- Compuestos volátiles: compuestos furánicos como el furfural y el 5-methylfurfural, que aportan aromas almendras, caramelo, miel, las lactonas que aportan aromas a roble, coco, vainilla, etc., y fenoles volátiles como el eugenol (clavo, miel, especias), o el guayacol (ahumado, especiado), entre otros (Boidron et al., 1988).

El tostado de la madera induce la termólisis de determinados polímeros, lo que da lugar a la formación de compuestos volátiles como aldehídos furánicos y fenoles. Además, este proceso incrementa la concentración de lactonas y provoca una degradación parcial de los taninos hidrolizables. La naturaleza y proporción de estos compuestos dependen en gran medida de la temperatura y la duración del tostado (Chatonnet et al., 1989; Gómez García-Carpintero et al., 2012). No obstante, el tostado no es el único factor determinante en la composición química de la madera; otros aspectos como la especie botánica, el origen geográfico y las condiciones de secado también influyen significativamente. En este sentido, diversos estudios han demostrado que los vinos macerados con roble americano presentan mayores concentraciones de whiskey-lactona y vainillina (Rodríguez-Bencomo et al., 2008), compuestos responsables de aromas más marcados a coco y vainilla.

Algunos de estos compuestos del roble, como los aldehídos y elagitaninos reaccionan con los compuestos fenólicos del vino reduciendo la astringencia y el amargor de este (Li & Duan, 2019). El uso de madera puede reducir el carácter vegetal del vino ya que algunos compuestos, como las whiskeylactonas aumentan el carácter afrutado, y los aromas, principalmente provenientes del tostado pueden enmascarar los vegetales (Béteau et al., 2006).

3. JUSTIFICACIÓN

Muchas de las bodegas españolas tienen viñedos muy adecuados a la zona y dan vinos de alta calidad, pero debido a muchos factores, como puede ser la edad del viñedo, la climatología, la adaptación de algunas variedades etcétera, estas mismas empresas se enfrentan a retos enológicos debido a la entrada de uva de no tan alta calidad. La bodega en la que se ha desarrollado el trabajo cuenta con viñedos jóvenes y algunos que no producen uva de alta calidad, obteniéndose vinos con notas vegetales y muy astringentes en boca que son destinados a la venta a granel. Esta situación, unido a que la madurez tecnológica y fenólica que alcanzan las uvas no es igual en todas las campañas hace que las bodegas se enfrenten a retos enológicos para conseguir dirigir la elaboración hacia el mejor vino posible. Una de las estrategias a abordar es realizar la fermentación en contacto con madera, ya que distintas referencias bibliográficas describen su papel en la reducción de verdor y astringencia. Por todo ello, este trabajo se plantea para mejorar la calidad de los vinos elaborados con uvas de baja calidad tecnológica y fenólica.

4. OBJETIVOS

Este trabajo tiene como objetivo revalorizar vendimias de menor calidad, realizando una vinificación con productos alternativos de madera durante la vinificación, con el fin de mejorar las características químicas y sensoriales de los vinos obtenidos. Esta estrategia busca además ser viable en términos de tiempo y coste, favoreciendo así un mayor aprovechamiento económico de este tipo de materias primas. Para ello se han abordado los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar el efecto de diferentes especies, tostados y dosis de astillas de madera sobre la fermentación alcohólica de vinos de menor calidad.
2. Analizar la cinética fermentativa y los cambios en parámetros enológicos básicos, compuestos fenólicos, color y perfil sensorial del vino tras la fermentación con utilización de astillas.
3. Estudiar el impacto del uso de astillas, de distintas especies y tostados, en la composición química y en las características sensoriales del vino terminado.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Uva y viñedo

El presente estudio se realizó en una bodega comercial de la D.O. Ribera del Duero, se utilizaron uvas de la variedad Tempranillo y clon CL98 de su propiedad. Este viñedo fue plantado en 2016, por lo que aún está en su periodo de desarrollo, en espaldera con un marco de 2,45 x 1,20 m, sobre un suelo arcilloso, con un bajo contenido en materia orgánica. El viñedo seleccionado proporciona uvas de menor calidad frente al resto de parcelas de la bodega.

El 30/09/2024 se realizó la vendimia manual de 2.880 kilos de uva. Los racimos se llevaron a la bodega en un remolque vibratorio con el que se descargaron sobre la mesa de selección. En la mesa se retiraron todas las impurezas como hojas y racimos en mal estado, principalmente afectados por *Botrytis cinerea*. Después, los racimos pasaron a la despalladora, las uvas despalladas se llevaron con ayuda de una cinta elevadora a los contenedores de plástico utilizados para la fermentación, estos contenedores se conocen como palots o bins (depósitos en este trabajo). Para cada depósito se utilizaron 160 kg de uva despallada y para evitar oxidaciones, los depósitos se cerraron con un plástico sujeto con una goma elástica.

5.2 Selección de productos alternativos y dosis

Los productos alternativos seleccionados, por ser los más recomendados durante la fermentación alcohólica, fueron las astillas. Conociendo la trayectoria de los vinos de la bodega, se sabe que el tostado medio es el más adecuado, por ello las maderas elegidas fueron: roble francés (*Q. petraea* y *Q. robur*) con tostado medio, roble americano (*Q. alba*) con tostado medio y la combinación de roble francés y americano con tostado medio, además, a modo de testigo, se utilizó roble francés sin tostar, todo ello de la gama OENOBOSIS suministrado por Lamothe-Abiet. La dosificación de estos productos se realizó de dos formas diferentes:

- Dosificación por peso (m): siguiendo la dosis recomendada por el fabricante que fue de 1 a 4 g/L, por lo que se optó por un valor intermedio (2 g/L).
- Dosificación por superficie (s, equivalente a la de contacto en una barrica): una barrica de 225 litros tiene la superficie de contacto de 89 cm²/L, por lo que se calcularon las diferentes dosis para los depósitos de 110 litros, las cuales se resumen en la *Tabla 1*. En el caso de la combinación de roble francés y americano se utilizó el 50% de cada tipo y su equivalente dosis.

Tabla 1.- Masa (g) de astillas en 225 cm² y dosis (g/L) de cada tipo de astillas equivalente a la superficie de contacto de una barrica de 225 L.

Astillas	Masa (g)	Dosis (g/L)
Francés sin tostar FST	16,0	3,2
Francés tostado medio FTM	24,1	4,8
Americano tostado medio ATM	27,3	5,4
Mezcla francés (F) y americano (A) tostado medio FATM	24,1 (F) 27,3 (A)	2,4 (F) 2,7 (A)

5.3 Diseño del experimento

El experimento se dividió en dos partes. La primera parte (I) fue la fermentación (alcohólica y maloláctica), en la que se elaboraron dos depósitos con cada tipo de astillas y dosis, además se llenaron dos depósitos sin astillas como controles, teniendo un total de 18 depósitos. Tras la fermentación, los diferentes vinos se unificaron por tipo

de madera, sin tener en cuenta la dosis y se llevaron a cinco barricas, a las que se añadieron de nuevo astillas (parte II). Este diseño se resume en la *Figura 1* y se detalla en los siguientes puntos.

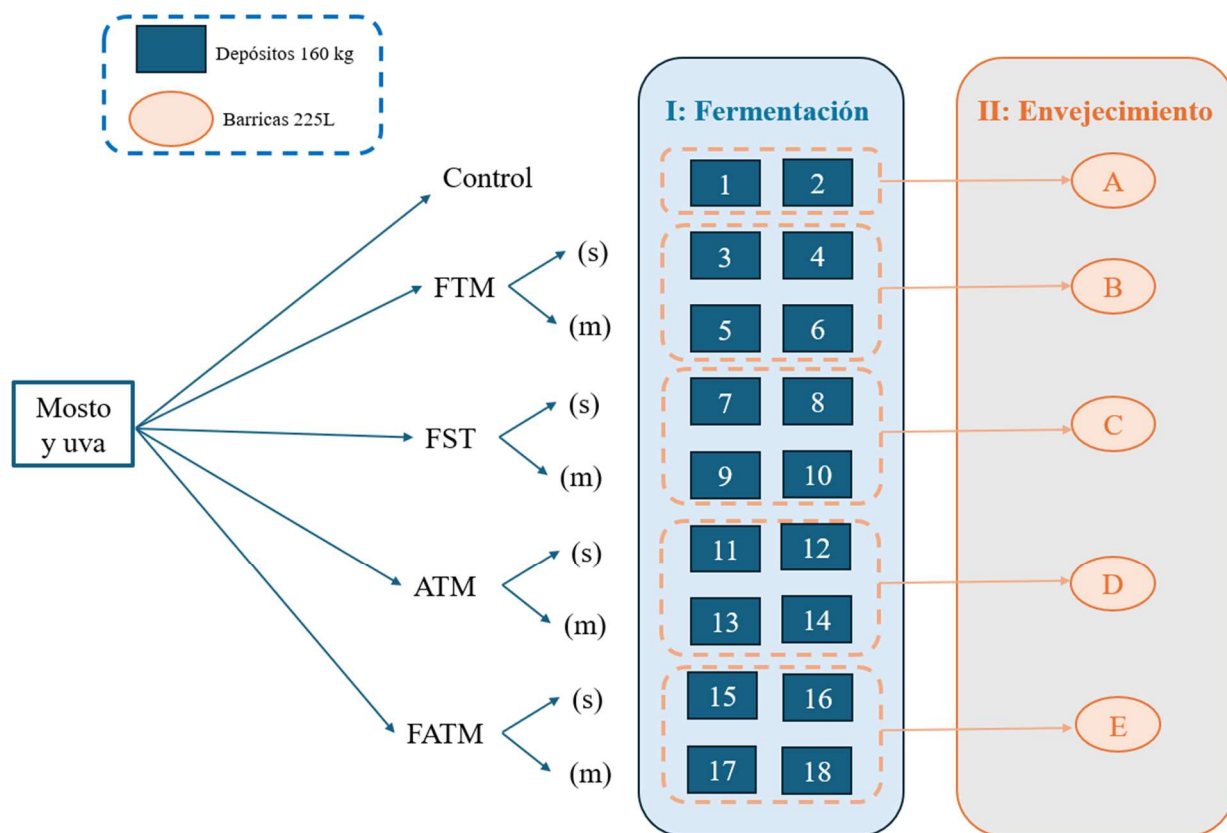


Figura 1.- Esquema del diseño del experimento. (s)= Dosis por superficie, (m)=Dosis por peso.

5.3.1 Fermentaciones con astillas

Para intentar que todas las vinificaciones tuvieran uvas de las mismas características se hizo un diseño al azar donde se tuvieron en cuenta 2 factores: el orden de entrada en la despalladora y la ubicación en la sala de fermentación. Las uvas que se procesaron las primeras salían más enteras, mientras que las últimas lo hicieron más mosteadas. El orden de llenado de los depósitos (Parte I) fue: 2, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4, 17, 15, 13, 11, 9, 7, 5, 3, 1. En cuanto a la ubicación en la sala, se pretendió que los diferentes condicionantes (portón de acceso a la calle, ventanas a bodega), principalmente para la temperatura, no afectasen al estudio. El plano de ubicaciones se muestra en el *Anexo I*.

En el encubado se añadió sulfuroso por su potencial antioxidante, antimicrobiano y antiséptico, tanino elágico para prevenir la oxidación del mosto, tanino gálico para disminuir la actividad de la lacasa presente en las uvas afectadas por *Botrytis*, y por último las astillas sueltas. Estas correcciones se resumen en el *Anexo II*. Para el cálculo de la cantidad necesaria se supuso un rendimiento del 69% que suele ser habitual en la bodega, obteniéndose así teóricamente 110 L por depósito.

La pasta se protegió con hielo seco y se dejó macerando en frío 24 horas. Al día siguiente, se procedió a la corrección de la acidez total mediante la adición de 1 g/L de ácido tartárico (110 g/depósito) y a la siembra de levaduras. Para la fermentación alcohólica se eligió una levadura de la especie *Saccharomyces cerevisiae galactose* (-) (ex-bayanus) para que la expresión de esta fuera lo más neutra posible y no interfiriese en el ensayo. Se añadieron 20 g/hL de la levadura "IOC 18-2007" (22 g/depósito), acompañados de 20 g/hL del nutriente orgánico "Nutristart Org" de Laffort. Durante la

fermentación se mantuvieron en una sala climatizada, alcanzándose en tumultuosa entre 25 °C y 28 °C en la pasta.

Una vez iniciada la fermentación alcohólica, el 03/10/2024 se realizó la coinoculación de la bacteria láctica para reducir así el número de factores que interfieren en el presente estudio, ya que la fermentación secuencial podría suponer diferencias significativas en los tiempos de maceración. Se utilizó la cepa ML Prime™ de *Lactiplantibacillus plantarum*, comercializada por Lallemand y recomendada para coinoculación. Durante el proceso de fermentación se realizó un bazuqueo diario a cada uno de los 18 depósitos.

Cuando las densidades estaban entre 1,020-1,030 g/mL se añadieron 20 g/hL de corteza de levadura (22 g/depósito) para detoxificar el medio; Se utilizó “Reskue” de Llalement. Y una vez terminadas la fermentación alcohólica y maloláctica, el 13/10/2024 se sangró el mosto y la pasta se descubó a una prensa vertical manual. El vino prensa obtenido se juntó con el sangrado y se corrigió con 30 ppm de sulfuroso líquido. De cada una de las 18 elaboraciones se tomaron 3 botellas de 750 mL de muestras para llevar a cabo los análisis químicos y sensoriales.

5.3.2 Envejecimiento con astillas

En esta etapa se tenía contemplado unir los dos depósitos de cada tratamiento (misma especie, tostado y dosis) para poder dar continuidad al vino permitiéndole que terminará su evolución. Sin embargo, los rendimientos obtenidos fueron menores a los esperados, por lo que se mezclaron los vinos procedentes de los dos tipos de dosificación (peso y superficie) con el mismo tipo de madera (especie y tipo de tostado). Por lo tanto, en esta etapa se realizó el estudio de 5 barricas: control A (sin madera), francés tostado medio B (unificando los que procedían de las diferentes dosis), francés sin tostar C (unificando los que procedían de las diferentes dosis), americano D (unificando los que procedían de las diferentes dosis) y la mezcla de francés y americano E (unificando los que procedían de las diferentes dosis) (Tabla 2). Las barricas de roble francés fueron suministradas por la tonelería Berthomieu del año 2018 (para evitar que interfiriesen lo menos posible) y lavadas previamente con un ciclo de 10 minutos agua caliente, 10 minutos vapor y 10 minutos aclarado con agua fría, para asegurar su limpieza y evitar que interfieran en el estudio. Además, se prendió una pajuela de azufre de 5 gramos en cada barrica. La temperatura de la sala de barricas durante el envejecimiento fue de 15°C. A las barricas, el 20/12/2024, se le añadieron de nuevo distintas astillas (especie y tostado) en dosificación por superficie, excepto al control que no se adicionó astillas. El periodo entre el fin de la fermentación y la nueva adición de astillas en las barricas no tiene interés en el presente estudio, solamente fue un tiempo de toma de decisiones y carga laboral de vendimia en la bodega.

Tabla 2.- Resumen de los ensayos realizados en los distintos depósitos.

	Depósito 110L /Barrica 225L	Referencia	Astillas	Dosificación (m-masa, s- superficie)	Dosis (g/L)
PARTE I: FERMENTACIÓN	1	C 1	Control	0	-
	2	C 2	Control	0	-
	3	FTM (s) 1	Francés tostado medio	s	4,8
	4	FTM (s) 2	Francés tostado medio	s	4,8
	5	FTM (m) 1	Francés tostado medio	m	2,0
	6	FTM (m) 2	Francés tostado medio	m	2,0
	7	FST (s) 1	Francés sin tostar	s	3,2
	8	FST (s) 2	Francés sin tostar	s	3,2
	9	FST (m) 1	Francés sin tostar	m	2,0

	10	FST (m) 2	Francés sin tostar	m	2,0
	11	ATM (s) 1	Americano tostado medio	s	5,4
	12	ATM (s) 2	Americano tostado medio	s	5,4
	13	ATM (m) 1	Americano tostado medio	m	2,0
	14	ATM (m) 2	Americano tostado medio	m	2,0
	15	FATM (s) 1	Mezcla francés (F) y americano (A) tostado medio	s	F: 2,4 - A: 2,7
	16	FATM (s) 2	Mezcla francés (F) y americano (A) tostado medio	s	F: 2,4 - A: 2,7
	17	FATM (m) 1	Mezcla francés (F) y americano (A) tostado medio	m	2
	18	FATM (m) 2	Mezcla francés (F) y americano (A) tostado medio	m	2
PARTE II: ENVEJECIMIENTO	Barrica A	A	Control	s	-
	Barrica B	B	Francés tostado medio	s	4,8
	Barrica C	C	Francés sin tostar	s	3,2
	Barrica D	D	Americano tostado medio	s	5,4
	Barrica E	E	Mezcla francés (F) y americano (A) tostado medio	s	F: 2,4 - A: 2,7

5.4 Métodos de análisis

5.4.1 Análisis químico

Mosto:

- Azúcares expresada en grados Baumé con un refractómetro y su correspondiente grado alcohólico probable.
- El pH y la acidez total por el método potenciométrico.
- Sulfuroso libre y total mediante Ripper.
- Nitrógeno fácilmente asimilable, desglosado en amínico primario y amoniacal y la concentración de ácido málico: método enzimático (analizador semiautomático Y350 de Biosystems).
- Además, se midieron las absorbancias a las longitudes de onda 420, 520, 620 nm con el Y350.

Fermentación:

Diariamente, durante la fermentación, se realizó un seguimiento de la densidad (por aerometría con un mostímetro) y de la temperatura (con un termómetro digital). Para determinar el final de esta, se comprobaron las concentraciones de glucosa + fructosa y ácido málico mediante el método enzimático.

Vino terminado:

- Parámetros básicos: grado alcohólico por destilación y aerometría, pH, acidez total mediante el método potenciométrico, ácido málico y glucosa+fructosa por el método enzimático realizado con el analizador semiautomático Y350, sulfuroso libre y total mediante Ripper.
- Espectro de 200 a 780 nm. Se emplearon cubetas de cuarzo con un paso óptico de 1 mm en un espectrofotómetro ultravioleta-visible (UV-visible) PerkinElmer Lambda 25 (Waltham, MA, EE. UU.) Se utilizó agua pura para el barrido de referencia.
- Color: medidas a 420, 520 y 620 nm en cubeta 1 mm en el mismo espectrofotómetro descrito anteriormente y con agua como referencia. Se calculó la intensidad del color que corresponde a la suma de estas longitudes

de onda según el método descrito por Glories (1984). Los parámetros CIELab se calcularon utilizando el método estándar OIV MA-AS2-11 e incluyeron: L* (luminosidad, de negro a blanco), a* (color de rojo a verde), b* (color de azul a amarillo), C* (croma o saturación) y H* (ángulo de tono) (OIV, 2022).

- Ácido acético y antocianos con el analizador semiautomático indicado anteriormente.
- Análisis compuestos fenólicos: Los compuestos fenólicos totales (TP) se determinaron con la medida del IPT en el Y350, el índice de %PVPP (Blouin, 1992), el índice de gelatina (Ribéreau-Gayón et al., 2003) y la concentración de taninos (Ribéreau-Gayón et al., 1966) utilizando el espectrofotómetro mencionado anteriormente.

Los análisis al vino terminado de la parte I se realizaron tras el descube, prensado y sulfitado del vino, el 13/10/2025. La parte II fue analizada en 3 momentos:

- Previa introducción de las astillas en las barricas el 10/12/2024.
- Al mes y medio de maceración el 11/02/2025.
- A los 3 meses de maceración el 27/03/2025.

5.4.2 Análisis sensorial

Debido a la carga laboral de la vendimia y de la necesidad de realizar el análisis sensorial a la mayor brevedad posible, así como la realidad de la bodega, se decidió utilizar al personal de la bodega como integrantes del panel de cata, aparte de ser profesionales del sector están familiarizados con los vinos de la finca. En total 7 catadores, 4 del equipo técnico de bodega (3 mujeres de 30, 48 y 50 años y un varón de 33 años) y 3 del equipo técnico de campo (1 mujer de 55 años y 2 varones de 40 y 55 años).

La cata se realizó en copas Riedel de vino tinto modelo Zinfandel, y se sirvieron 100 mL de vino a una temperatura de 16 °C. La sala cuenta con luz natural y un aporte de luz blanca. Se cató sobre superficies blancas para apreciar mejor el color.

Las catas se realizaron en las mismas fechas que las indicadas para los análisis químicos del vino terminado. En la primera cata el número de muestras fueron 18, y se repartieron en 3 bloques aleatorios de 6 vinos. El bloque I tenía los vinos de los depósitos 1, 3, 5, 7, 9 y 11, el bloque II los vinos de los depósitos 13, 15, 17, 2, 4 y 6 y el bloque III el vino de los depósitos 8, 10, 12, 14, 16 y 18. En las catas de los vinos de la Parte II se cataron las 5 barricas en orden del 1 al 5. Las copas se identificaron con códigos de dos dígitos elegidos al azar y diferentes de una muestra a otra. La ficha de cata utilizada se muestra en el *Anexo III*, donde se observan cada uno de los parámetros que fueron valorados, se trató de un análisis escalar valorado del 1 al 5, así como una valoración global en el mismo rango.

5.4.3 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa Statgraphics 19. Se realizaron análisis de la varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher para $p < 0,05$ a cada uno de los parámetros y en cada uno de los momentos del proceso. El objetivo de la ANOVA era ver si existían diferencias significativas entre los distintos tipos de astillas y dosis para cada uno de los parámetros químicos y organolépticos estudiados. Además, en el caso de la crianza se realizó también un ANOVA multifactorial (MANOVA) que consideraba los factores tiempo y tipo de madera. Para el factor tiempo se contó con 3 niveles y para el factor madera con 5 niveles.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Mosto

El resultado de la analítica de la entrada de la uva se refleja en la *Tabla 3*.

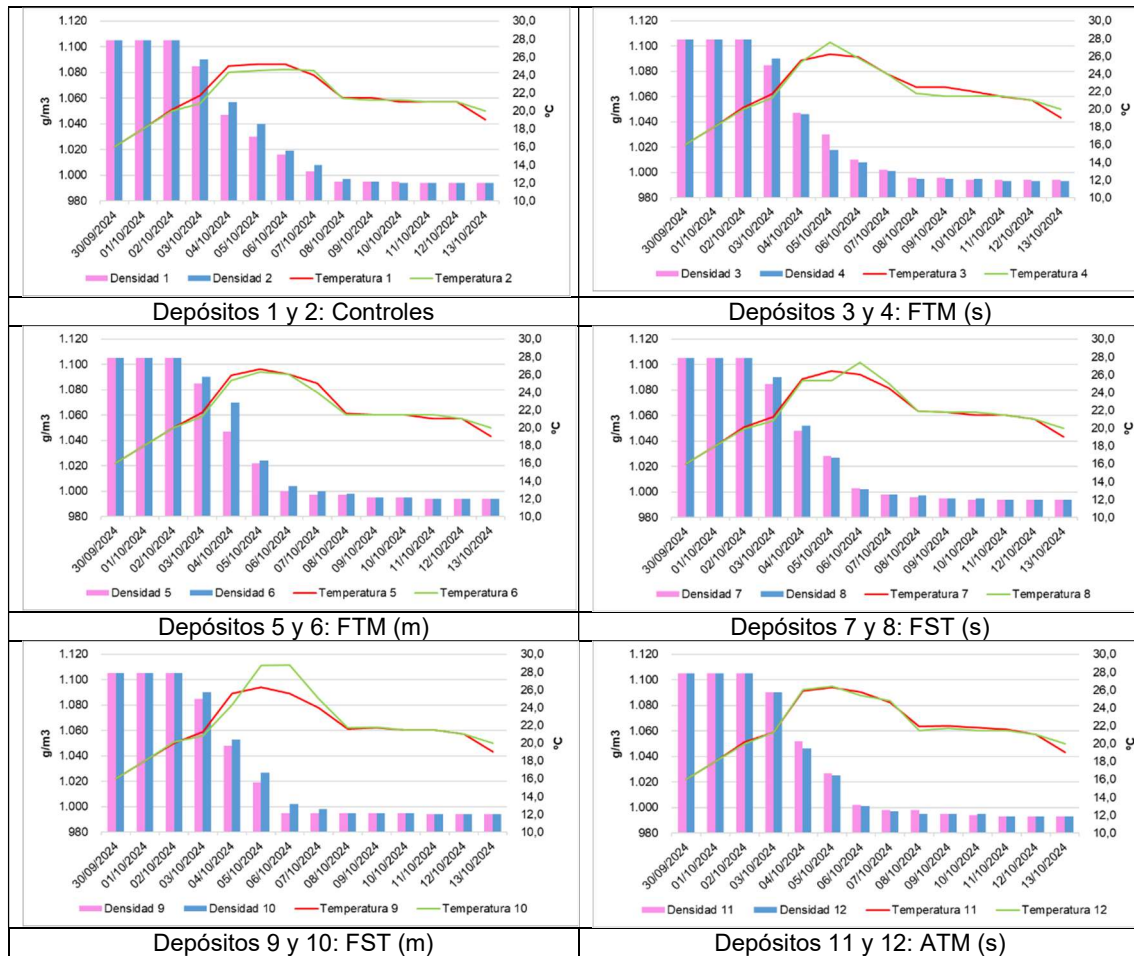
Tabla 3.- Analítica inicial del mosto.

Densidad (g/m ³)	Temperatura (°C)	°Be	% G.A.P. (°Be)	pH	Acidez total (g/L H ₂ T)	Ácido málico (g/L)
1,105±0,004	14,0 ± 0,0	13,7± 0,0	14,70± 0,00	3,65± 0,05	4,65± 0,10	2,35± 0,02
NH ₃ (mg/L)	PAN (mg/L)	NFA (mg/L)	A420	A520	A620	IC
74± 2	98± 1	172± 3	1,017± 0,001	1,660± 0,020	0,212± 0,002	2,68± 0,02

Promedio y Desviación estándar (±). G.A.P= Grado Alcohólico Probable, NH₃= Nitrógeno amoniacal, PAN= Nitrógeno amínico primario, NFA=Nitrógeno fácilmente asimilable, A420, A520, A620= Absorbancias a las longitudes de onda 420, 520 y 620, IC= Intensidad Colorante.

6.2 Fermentaciones

Las fermentaciones siguieron una cinética muy similar en todos los vinos de los diferentes depósitos, representadas en la *Figura 2*. Cabe destacar, que la temperatura durante la tumultuosa fue menor en los vinos de los depósitos control, esto puede estar relacionado con lo que indicaban Pérez-Coello et al., (2000), sobre que los rendimientos fermentativos en presencia de madera son mayores.



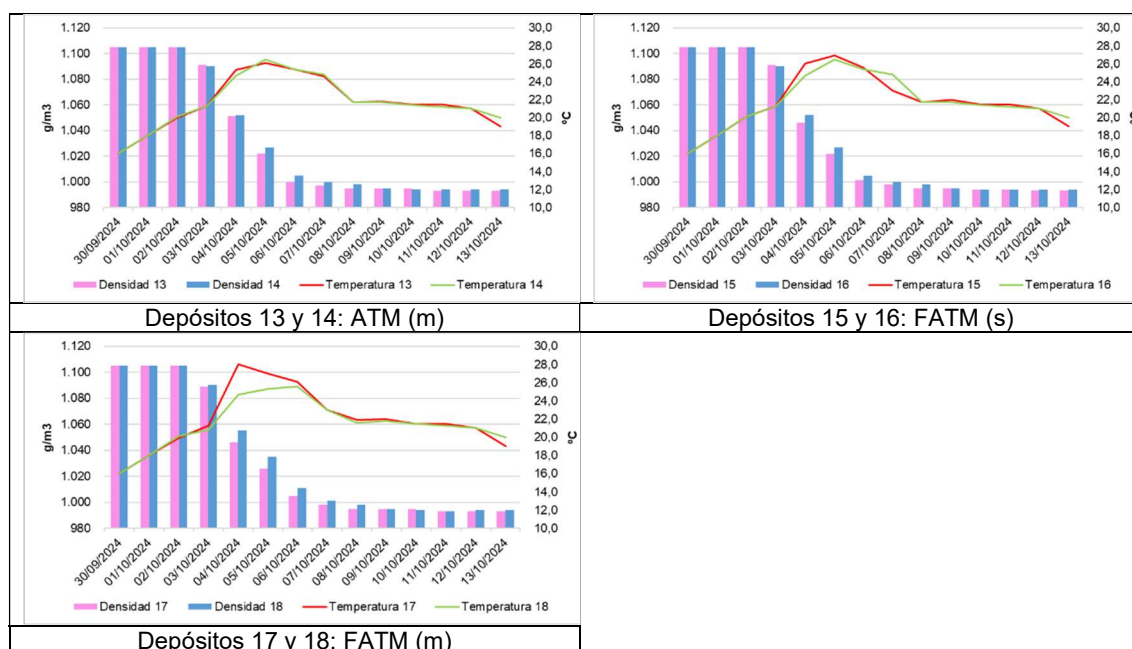


Figura 2.- Representación gráfica de la evolución de la densidad y temperatura durante la fermentación de los 18 depósitos.

Los resultados de los análisis enológicos básicos de grado alcohólico, pH, acidez total (AT), sulfuroso libre (SO₂ L) y total (SO₂ T), ácido málico, ácido acético y glucosa + fructosa (G+F) en los vinos tras la fermentación se reflejan en la *Tabla 4*. Las escasas diferencias observadas entre los vinos elaborados con distintos tipos y dosis de astillas, e incluso sin ellas, sugieren que presentan características enológicas similares. Dado que dichas variaciones carecen de relevancia enológica práctica, no se ha considerado necesario un análisis más detallado al respecto ni un seguimiento de ellos posteriormente. Sin embargo, debido a la importancia que el ácido acético tiene en el envejecimiento de los vinos, si se realizó su seguimiento durante la fase II. Los valores del ácido acético, tras la fermentación, presentaron diferencias significativas estadísticamente, pero sin importancia enológica ya que las diferencias solo fueron de un máximo de 0,05 g/L. Por lo que se considera que en este corto periodo la madera no influyó en el impacto de este compuesto durante la fermentación.

Tabla 4.- Análisis enológicos básicos tras la fermentación.

Madera	Ácido málico (g/L)	G+F (g/L)	pH	AT (g/L H ₂ T)	Grado alc. (%)	SO ₂ L (ppm)	SO ₂ T (ppm)	Ácido Acético (g/L)
Control	0,11±0,01 ^{ab}	0,27±0,03 ^{ab}	3,85±0,01 ^b	5,43±0,04 ^b	14,70±0,00 ^a	8,0±0,0 ^a	29,0±0,7 ^a	0,19±0,01 ^a
FTM (s)	0,10±0,02 ^{ab}	0,33±0,07 ^b	3,84±0,01 ^{ab}	5,47±0,01 ^b	14,70±0,00 ^a	8,0±0,0 ^a	29,0±0,0 ^a	0,24±0,02 ^d
FTM (m)	0,09±0,00 ^{ab}	0,33±0,04 ^b	3,83±0,00 ^a	5,48±0,01 ^b	14,70±0,00 ^a	8,0±0,0 ^a	29,0±0,0 ^a	0,21±0,01 ^b
FST (s)	0,16±0,07 ^b	0,33±0,01 ^b	3,84±0,01 ^{ab}	5,34±0,06 ^a	14,70±0,00 ^a	8,0±0,0 ^a	29,5±0,7 ^a	0,23±0,01 ^c
FST (m)	0,09±0,03 ^{ab}	0,32±0,00 ^{ab}	3,84±0 ^{ab}	5,33±0,04 ^a	14,70±0,00 ^a	8,0±0,0 ^a	29,5±0,7 ^a	0,23±0,01 ^c
ATM (s)	0,09±0,02 ^{ab}	0,29±0,00 ^{ab}	3,84±0,01 ^{ab}	5,34±0,02 ^a	14,70±0,00 ^a	8,5±0,7 ^a	29,0±0,0 ^a	0,23±0,01 ^c
ATM (m)	0,15±0,06 ^{ab}	0,24±0,07 ^a	3,84±0,01 ^{ab}	5,34±0,02 ^a	14,70±0,00 ^a	8,5±0,7 ^a	29,0±0,0 ^a	0,20±0,00 ^{ab}
FATM (s)	0,07±0,01 ^a	0,31±0,01 ^{ab}	3,85±0,01 ^{ab}	5,34±0,01 ^a	14,75±0,07 ^a	8,0±0,0 ^a	29,0±0,0 ^a	0,19±0,01 ^a
FATM (m)	0,09±0,04 ^{ab}	0,30±0,01 ^{ab}	3,85±0 ^b	5,34±0,01 ^a	14,75±0,07 ^a	8,0±0,0 ^a	29,0±0,0 ^a	0,19±0,01 ^a

Valor promedio y desviación estándar (±). Letras ANOVA diferentes significan diferencias significativas. G+F=Glucosa y fructosa, AT=Acidez total (H₂T=Ácido tartárico), SO₂L= Sulfuroso libre, SO₂T= Sulfuroso total.

Los resultados de los compuestos fenólicos y color en los vinos tras la fermentación alcohólica se presentan en la *Tabla 5*. Además, los compuestos más diferentes significativamente entre los diferentes vinos se muestran en la *Figura 4* (IPT) y *Figura 5* (%PVPP). Hay que tener en cuenta que las desviaciones encontradas en un mismo vino fueron altas debido a que la pasta en fermentación tiene mayor heterogeneidad que un vino terminado, y que por ello entre repeticiones de un mismo ensayo encontramos resultados diferentes, por ejemplo, el vino control 1 contenía un mayor contenido de mosto que el vino control 2, pero en los resultados se analizó la media de ambos. También hay que tener en cuenta que el tiempo de contacto fue de solo 14 días, por lo que en muchos casos no se encontraron diferencias significativas debido a este corto periodo.

La concentración de antocianos y taninos del vino tras las fermentaciones fue muy similar en todos los casos, no existiendo diferencias significativas entre ningún vino. Por el contrario, Gordillo et al., (2013) sí que se observaron diferencias significativamente mayores en el contenido total de antocianos de los vinos macerados en chips (americanos tostado medio) frente al vino control, pero hay que tener en cuenta que en su ensayo realizaron una fermentación secuencial, que hizo que el tiempo de contacto fuese mayor, un total de 4 semanas. Por otro lado, Lamçe et al (2020) estudiaron el uso de astillas durante la fermentación y concluyeron que se obtenían vinos con mayor contenido total de taninos, pero menor contenido en antocianos. En cuanto a los taninos de los vinos, hay que tener en cuenta que se están analizando taninos condensados, es decir los que vienen de la uva principalmente, no se ven reflejados los elagitaninos que pueden haber aportado las diferentes maderas. Estos elagitaninos si se ven reflejados en los IPT de los vinos, en los que se encontraron diferencias significativas entre los diferentes vinos (*Figura 3*). Se observa que los IPT de los vinos aumentaron con el uso de astillas, sobre todo francés sin tostar (FST) a ambas dosis y americano a la dosis por superficie (ATMs). Probablemente, en el vino con astillas francesas sin tostar fue debido a que, al no pasar por el proceso de tostado, los elagitaninos sufrieron una menor degradación (Chatonnet et al., 1989), en el caso del americano, a pesar de ser un roble con menor contenido tánico, la cesión suele ser más rápida. Los vinos procedentes de la dosificación por superficie deberían presentar mayor IPT que los vinos con una dosificación por masa, ya que estos últimos han tenido una menor adición de madera, y aunque en general esa tendencia es la observada, en el caso de los vinos con FTM y con FATM se observa justo lo contrario. En cualquier caso, los índices de polifenoles totales (IPT) de los vinos obtenidos en este trabajo fueron inferiores a los que presentan habitualmente los vinos elaborados a partir de estas mismas uvas en campañas anteriores. Esta diferencia puede atribuirse, en gran medida, a las particularidades del proceso de vinificación empleado en este ensayo. Debido al reducido volumen de mosto disponible, no fue posible aplicar el protocolo habitual utilizado en la bodega, que implica una elaboración más industrial con el uso de bombas y depósitos de mayor capacidad. En esta ocasión, la fermentación se llevó a cabo con una técnica de extracción limitada, consistente únicamente en un bazuqueo manual diario. Como resultado en la cosecha de este año, al finalizar la fermentación, los vinos obtenidos para este trabajo presentaron un IPT máximo de 69, valor sensiblemente inferior al registrado en los vinos comerciales elaborados con esta misma variedad, los cuales alcanzan en general valores en torno a 85.

Tabla 5.- Compuestos fenólicos y color en los diferentes vinos tras la fermentación.

Madera	Índice Gelatina (%)	Índice PVPP (%)	IPT	Antocianos (mg/L)	Taninos (mg/L)	IC	A420
Control	72,6%±4,0% ^a	13,45%±5,7% ^a	65±0,8 ^a	554±22 ^a	2,88±0,16 ^a	13,36±0,40 ^{cde}	0,4311±0,007 ^{ab}
FTM (s)	75,9%±5,1% ^a	21,33%±3,1% ^c	66±0,9 ^{ab}	539±28 ^a	2,86±0,25 ^a	12,89±0,42 ^{abcd}	0,4309±0,017 ^{ab}
FTM (m)	72,4%±9,2% ^a	16,20%±1,5% ^{ab}	68±0,8 ^{de}	626±23 ^a	2,68±0,12 ^a	13,27±0,16 ^{de}	0,4422±0,006 ^b
FST (s)	83,3%±1,7% ^a	20,46%±1,5% ^c	68±0,7 ^{def}	535±1 ^a	2,80±0,33 ^a	13,06±0,06 ^{bode}	0,4314±0,004 ^{ab}
FST (m)	78,3%±11,3% ^a	20,58%±1,1% ^c	68±0,6 ^{de}	527±10 ^a	2,39±0,48 ^a	13,23±0,35 ^{de}	0,4410±0,007 ^b
ATM (s)	80,1%±8,1% ^a	20,14%±0,5% ^c	69±0,2 ^{ef}	537±84 ^a	2,63±0,19 ^a	13,48±0,16 ^e	0,4406±0,007 ^b
ATM (m)	74,7%±4,1% ^a	20,73%±0,6% ^c	67±0,2 ^{cd}	530±17 ^a	2,76±0,05 ^a	12,62±0,57 ^{ab}	0,4172±0,024 ^a
FATM (s)	73,5%±4,9% ^a	18,81%±3,6% ^{bc}	67±1,3 ^{bc}	551±25 ^a	2,45±0 ^a	12,47±0,22 ^a	0,4169±0,010 ^a
FATM (m)	74,9%±11,2% ^a	20,76%±2,7% ^c	69±0,8 ^f	580±13 ^a	2,87±0,01 ^a	12,74±0,44 ^{abc}	0,4183±0,0128 ^a
Madera	A520	A620	L*	a*	b*	hab*	Cab*
Control	0,7227±0,002 ^{cde}	0,1630±0,010 ^b	7,70±2,21 ^a	36,46±4,81 ^a	13,21±3,79 ^a	19,68±3,11 ^a	38,80±5,78 ^a
FTM (s)	0,6997±0,020 ^{abc}	0,1581±0,006 ^{ab}	8,48±0,66 ^{abc}	38,29±0,94 ^{ab}	14,54±1,11 ^{abc}	20,77±0,99 ^{abc}	40,96±1,27 ^{ab}
FTM (m)	0,7265±0,008 ^{de}	0,1579±0,003 ^{ab}	8,91±0,47 ^{abc}	39,11±0,71 ^b	15,31±0,79 ^{abc}	21,37±0,67 ^{abc}	41,99±0,95 ^b
FST (s)	0,7184±0,004 ^{bcd}	0,1566±0,005 ^{ab}	8,63±0,86 ^{abc}	38,51±1,33 ^{ab}	14,82±1,49 ^{abc}	21,00±1,27 ^{abc}	41,27±1,77 ^{ab}
FST (m)	0,7227±0,025 ^{cde}	0,1596±0,004 ^b	8,48±0,62 ^{abc}	38,37±0,93 ^{ab}	14,55±1,06 ^{abc}	20,75±0,95 ^{abc}	41,04±1,24 ^{ab}
ATM (s)	0,7462±0,010 ^e	0,1614±0,001 ^b	8,07±0,12 ^{ab}	37,77±0,19 ^{ab}	13,86±0,22 ^{ab}	20,15±0,2 ^{ab}	40,23±0,25 ^{ab}
ATM (m)	0,6938±0,025 ^{ab}	0,1507±0,008 ^a	9,18±0,95 ^{bc}	39,13±1,24 ^b	15,72±1,60 ^{bc}	21,84±1,36 ^{bc}	42,17±1,75 ^b
FATM (s)	0,6799±0,009 ^a	0,1503±0,002 ^a	9,30±0,22 ^c	39,33±0,29 ^b	15,92±0,36 ^c	22,03±0,31 ^c	42,43±0,4 ^b
FATM (m)	0,7051±0,026 ^{bcd}	0,1510±0,005 ^a	9,40±0,74 ^c	39,59±1,03 ^b	16,11±1,24 ^c	22,11±1,02 ^c	42,74±1,42 ^b

Valor promedio y desviación estándar (±). Letras diferentes significan diferencias significativas. IPT= Índice de polifenoles totales, IC= Intensidad colorante, A420/A520/A620= Absorbancias a longitud de onda 420,520 y 620, L*=Luminosidad, a*=Rojo/verde, b*=Amarillo/azul, hab*=Matiz, Cab*=Croma

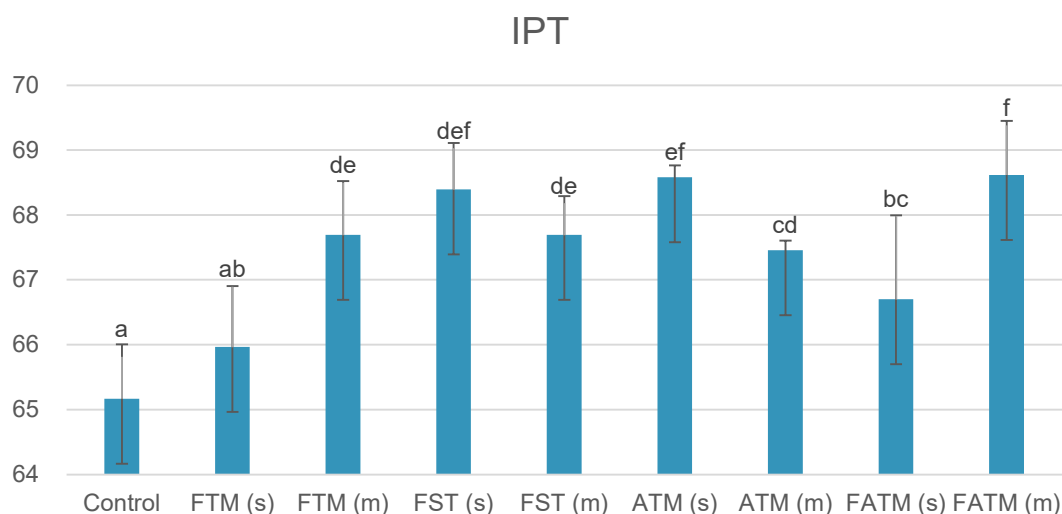


Figura 3.- Promedio de IPT en cada uno de los tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El Índice de Polivinilpirrolidona (%PVPP) indica el porcentaje de antocianos que están combinados con taninos. Cuanto mayor sea este porcentaje de combinaciones, mayor será la participación de los antocianos en el color (rojo más intenso y menos azules) y mejor será la estabilidad del color, ya que estas combinaciones evitan la oxidación de los antocianos y disminuyen la astringencia de los taninos (Blouin, 1992; Vivas et al., 1994). En los resultados observamos un mayor índice estadísticamente significativo en todos los vinos en los que hubo aporte de madera, independientemente de la especie de astillas utilizada y las dosis, a excepción del vino FTM cuando se utilizó una dosificación por superficie, que mostró un aumento no significativo frente al vino control (Figura 4). Este comportamiento puede atribuirse, como han señalado otros autores (Aleixandre et al., 2012), al uso de la madera, que favorece la formación de estas combinaciones. No obstante, dicho efecto no depende exclusivamente de este factor, ya que también influyen otras variables, especialmente el grado de madurez de la uva (mayor madurez-mayor %PVPP) (Aleixandre et al., 2012). Sin embargo, en el presente estudio, el uso de la madera fue el único factor modificado, lo que permite asociar su efecto directamente con los resultados observados.

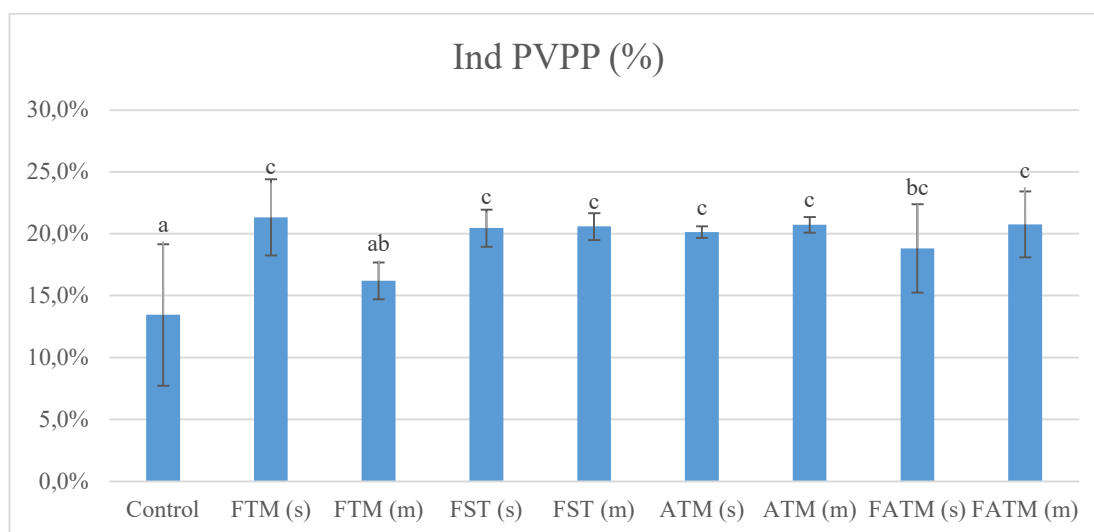


Figura 4.- Promedio del índice de PVPP (%) en cada uno de los tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El índice de gelatina se basa en la capacidad de los taninos de reaccionar con las proteínas de la gelatina, a mayor reactividad se percibirá una mayor sensación de astringencia (Ribéreau-Gayón et al., 2003). Tras las fermentaciones, se obtuvieron los mayores valores en los vinos con ATM (s) y FST (ambas dosis), esta diferencia tiene lógica por la mayor cesión de taninos al vino, principalmente en la madera sin tostar, lo cual se corrobora con lo anteriormente citado en los IPT, aunque en ningún caso las diferencias fueron significativas.

En lo que respecta al color, la intensidad colorante (IC) no mostró diferencias significativas entre la mayoría de los vinos de los tratamientos y el vino control. Los valores más elevados se registraron en los vinos ATM(s). Estos resultados coinciden con lo reportado por Gordillo et al. (2013), quienes observaron una mayor IC en vinos tratados con astillas de roble americano en comparación con el control. No obstante, no resultaron estadísticamente significativas en comparación con el control. Por otro lado, se observaron valores significativamente menores de IC en los vinos ATM(m), así como en aquellos que incorporaron mezclas de astillas de roble francés y americano (FATM), independientemente de la dosis aplicada. Si se observan las absorbancias 420, 520 y 620 nm por separado se observa que los vinos que mayor absorbancia tuvieron en los rojos y en los azules (520 y 620 nm) fueron los vinos FST (m) y ATM (s) junto con los vinos control, aunque con diferencias mínimas.

Para profundizar en el estudio cromático del vino, se analizaron los parámetros del espacio de color CIELAB. La luminosidad (L^*) fue significativamente mayor en los vinos tratados con la mezcla de astillas de roble americano y francés (FATM), en ambas dosis. Por el contrario, los vinos control presentaron los valores más bajos de L^* , aunque sin diferencias significativas respecto a algunos de los tratamientos evaluados. El croma (Cab^*) fue menor en el vino control y alcanzó los valores más elevados en los vinos FATM (ambas dosis), presentando una diferencia significativa respecto al control. Estos resultados concuerdan con los reportados por Soto Vázquez et al. (2010), quienes indicaron que los vinos sometidos a tratamiento con astillas mostraban un aumento del croma tras la fermentación. De manera similar, el matiz o tono (hab^*) fue inferior en el vino control y mayor en los vinos elaborados con astillas.

Los resultados del análisis sensorial realizado tras la fermentación de los diferentes tratamientos se reflejan en el *Anexo IV*, en esta parte no se realizó análisis estadístico, ya que el bajo número de catadores hacía que el coeficiente de variación fuera elevado. Con el fin de normalizar los datos de cada catador respecto a sus propias valoraciones, en la *Figura 5* se comparan los resultados de los distintos tratamientos con el vino control, representado por el valor 0 en el eje correspondiente. En la parte visual no se apreciaban diferencias a simple vista entre los diferentes vinos. Como aspectos más relevantes cabe destacar que la astringencia del vino en boca fue menor en los tratamientos FST (m) y FATM (s), seguido del FTM (m), pasaba al contrario en los estudios de Gómez García-Carpintero et al., (2012), en los que se utilizaron astillas de tostado medio (mezcla de roble francés y americano) con dosis 3 y 6 g/L en diferentes momentos de la vinificación, en los que aumentaba la astringencia en los vinos fermentados con astillas respecto al control, esto ocurrió en el presente ensayo con los vinos ATM (m) y FTM (s). Los aromas vainilla y ahumado fueron más elevados en los vinos con roble americano, coincidiendo con lo observado por Jiménez-Sánchez et al. (2022). El carácter vegetal del vino en nariz obtuvo el peor resultado en el control, reduciéndose positivamente con el uso de las diferentes astillas (*Figura 5*). Cabe destacar, que la presencia de aromas vegetales es uno de los problemas que se intenta resolver en este trabajo, aunque en esta campaña, dichos aromas no fueron tan intensos ni en el control como en la trayectoria de la parcela, probablemente, a parte de la variabilidad de la madurez fenólica entre campañas, fuese debido a la adaptación de la forma de vinificación para el ensayo, cuyas principales diferencias respecto a otras campañas fueron la vendimia manual, el uso de mesa de selección y la baja intensidad de extracción durante la fermentación.

En relación con la clasificación global, presentada en la *Figura 6*, se observó que los vinos mejor valorados por los catadores fueron aquellos elaborados con astillas de roble francés sin tostar FST(s) y de roble americano con tostado medio ATM (m). No obstante, las

diferencias en las puntuaciones fueron relativamente pequeñas, lo que indica que las variaciones sensoriales entre los vinos fueron sutiles y no fácilmente perceptibles por los catadores durante la evaluación sensorial. Además, influyó mucho el elevado número de muestras a catar, alcanzándose la saturación de los catadores.

Existen diversas opiniones y estudios sobre el análisis sensorial de estos vinos, García-Carpintero et al. (2011) afirmaron que el uso de astillas de roble mejora el perfil sensorial del vino, añadiendo notas de vainilla, coco, tostado y caramelo, además disminuía la sensación de astringencia en boca; por el contrario, para Lamçe et al. (2020), el uso de astillas durante la fermentación no afectó a la calidad sensorial del vino.

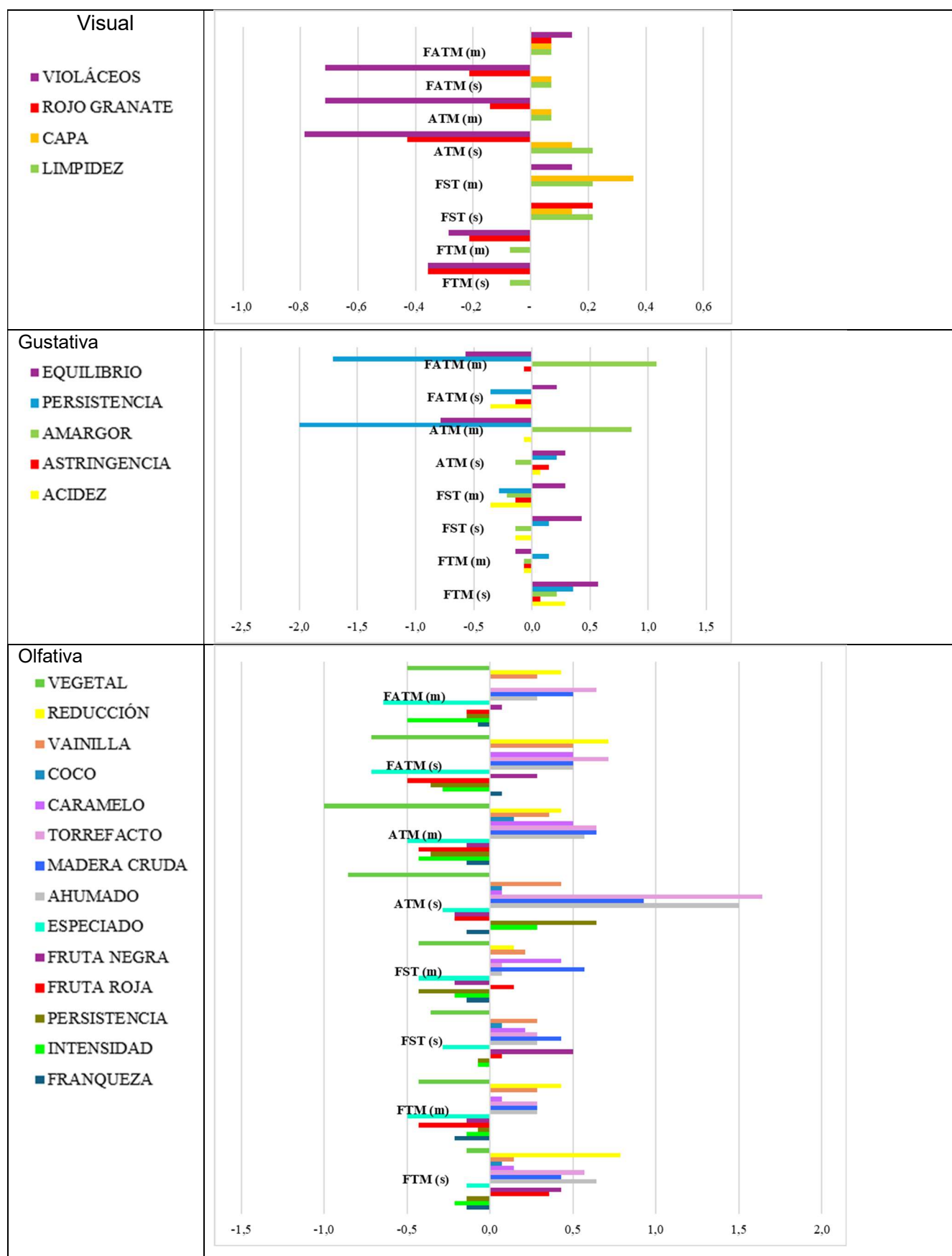


Figura 5.- Representación gráfica de la cata organoléptica comparando cada tratamiento con el control (representado en el eje $x=0$)

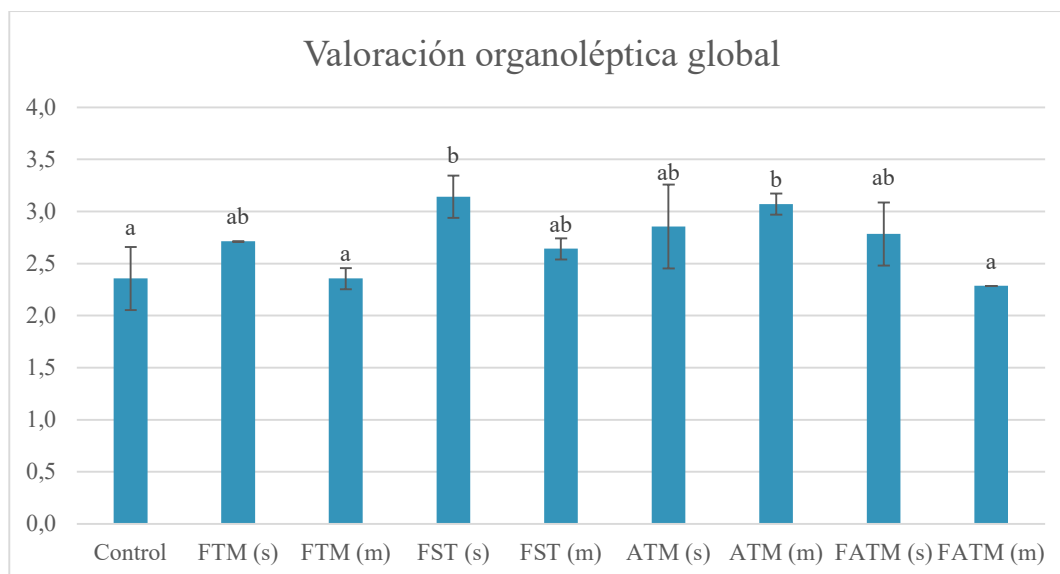


Figura 6.- Valoración global de 0 a 5 en la cata de los vinos con diferentes astillas.

6.3 Envejecimiento

Los resultados de los distintos análisis químicos realizados a los vinos se presentan en la *Tabla 6*. Estos incluyen los datos correspondientes a: tras la mezcla (0 meses) de vinos procedentes de diferentes dosis pero de la misma especie al inicio del estudio; tras 1,5 meses de la adición de madera de la misma especie, aplicada a dosis por superficie; y los vinos después de 3 meses de esta adicción. A continuación, en la *Tabla 7* se representan los resultados del mANOVA, relacionando la influencia de los factores tiempo y madera en cada una de las analíticas.

Tabla 6.- Resultados durante la maceración de las diferentes maderas y en los diferentes tiempos.

Madera	T (meses)	Á. Acético (g/L)	Índ. Gelatina (%)	Índ. PVPP (%)	IPT	Antocianos (mg/L)	Taninos (mg/L)	IC	A420
A-Control	0	0,25±0,02 ^b	69,1%±0,00% ^a	18,0%±0,40% ^a	57±1 ^a	457± 11 ^b	2,82± 0,00 ^e	12,80± 0,15 ^a	0,4265± 0,004 ^a
B-FTM	0	0,25±0,02 ^b	68,2%±0,00% ^a	19,5%±0,30% ^b	59±0 ^b	449±11 ^{ab}	2,61± 0,00 ^b	14,06± 0,02 ^b	0,4734± 0,001 ^b
C-FST	0	0,24±0,01 ^b	79,4%±0,00% ^a	21,2%±0,20% ^c	61± 0 ^c	451± 1 ^b	2,47± 0,00 ^a	12,77± 0,01 ^a	0,4278± 0,000 ^a
D-ATM	0	0,23±0,00 ^{ab}	78,7%±0,00% ^a	21,3%±0,20% ^c	60± 0 ^c	445± 7 ^{ab}	2,71± 0,00 ^d	14,55± 0,02 ^c	0,4822± 0,001 ^c
E-FATM	0	0,22± 0,01 ^a	68,4%±0,00% ^a	21,0%±0,60% ^c	60± 0 ^c	430± 4 ^a	2,67± 0,00 ^c	12,94± 0,03 ^a	0,4312± 0,000 ^a
A-Control	1,5	0,33± 0,01 ^a	78,0%±0,10% ^a	30,9%±1,40% ^a	60± 1 ^a	508± 2 ^a	2,63± 0,03 ^a	13,03± 0,06 ^c	0,4500± 0,002 ^c
B-FTM	1,5	0,35± 0,00 ^b	79,5%±2,60% ^a	35,8%±0,00% ^b	63± 0 ^b	536± 4 ^b	2,70±0,21 ^{ab}	12,76± 0,02 ^b	0,4457± 0,000 ^b
C-FST	1,5	0,40± 0,01 ^c	79,5%±3,30% ^a	38,3%±1,90% ^{bc}	63± 0 ^b	581± 1 ^c	2,70± 0,01 ^{ab}	12,42± 0,01 ^a	0,4345± 0,000 ^a
D-ATM	1,5	0,36± 0,01 ^b	73,8%±2,00% ^a	41,6%±1,40% ^c	64± 0 ^c	550± 5 ^c	2,78± 0,03 ^{ab}	13,18± 0,02 ^d	0,4565± 0,001 ^d
E-FATM	1,5	0,41± 0,01 ^c	80,9%±2,60% ^a	45,5%±1,70% ^d	64± 0 ^b	549± 2 ^d	2,97± 0,15 ^b	13,21± 0,01 ^d	0,4656± 0,000 ^e
A-Control	3	0,39± 0,01 ^b	75,7%±3,60% ^a	21,6%±5,10% ^a	58± 1 ^a	419± 19 ^a	2,57± 0,00 ^a	13,53± 0,05 ^c	0,4718± 0,002 ^c
B-FTM	3	0,37± 0,01 ^{ab}	71,3%±12,40% ^a	22,1%±2,70% ^a	60± 0 ^b	411± 4 ^a	2,70± 0,15 ^a	13,26± 0,00 ^b	0,4674± 0,000 ^b
C-FST	3	0,45± 0,01 ^c	75,1%±2,40% ^a	21,9%±0,00% ^a	61± 0 ^b	395± 1 ^a	2,56± 0,01 ^a	12,57± 0,02 ^a	0,4444± 0,001 ^a
D-ATM	3	0,36± 0,00 ^a	73,8%±1,40% ^a	20,6%±0,70% ^a	61± 1 ^b	401± 8 ^a	2,59± 0,03 ^a	13,66± 0,01 ^d	0,4767± 0,001 ^d
E-FATM	3	0,47± 0,01 ^c	76,3%±11,00% ^a	23,3%±0,70% ^a	60± 0 ^b	413± 6 ^a	2,76± 0,36 ^a	13,50± 0,04 ^c	0,4801± 0,000 ^e
Madera	T (meses)	A520	A620	L*	a*	b*	hab*	Cab*	
A-Control	0	0,7022± 0,009 ^{ab}	0,1518± 0,001 ^a	9,23 ±0,18 ^b	39,33±0,23 ^b	15,83± 0,29 ^b	21,92± 0,25 ^b	42,39± 0,33 ^b	
B-FTM	0	0,7618± 0,003 ^c	0,1705± 0,001 ^b	7,15 ±0,14 ^a	36,31± 0,03 ^a	12,30± 0,25 ^a	18,71± 0,21 ^a	38,33± 0,37 ^a	
C-FST	0	0,6980± 0,001 ^{ab}	0,1512± 0,001 ^a	9,34 ±0,11 ^b	39,50± 0,20 ^b	16,03± 0,21 ^b	22,08± 0,16 ^b	42,63± 0,25 ^b	
D-ATM	0	0,8006± 0,002 ^d	0,1726± 0,000 ^c	6,93 ±0,03 ^a	35,91± 0,05 ^a	11,93± 0,04 ^a	18,38± 0,04 ^a	37,84± 0,06 ^a	
E-FATM	0	0,7110± 0,002 ^b	0,1521± 0,000 ^a	9,18 ±0,08 ^b	39,27± 0,13 ^b	15,76± 0,14 ^b	21,87± 0,12 ^b	42,31± 0,17 ^b	
A-Control	1,5	0,6734± 0,003 ^c	0,1797± 0,001 ^c	6,97 ±0,11 ^b	36,53± 0,16 ^a	11,98± 0,18 ^b	18,15± 0,18 ^b	38,45± 0,21 ^a	
B-FTM	1,5	0,6577± 0,001 ^b	0,1729± 0,001 ^a	7,58 ±0,10 ^c	37,37± 0,14 ^b	13,03± 0,16 ^c	19,22± 0,15 ^c	39,58± 0,19 ^b	
C-FST	1,5	0,6335± 0,000 ^a	0,1737± 0,001 ^a	7,48 ±0,11 ^c	37,20± 0,18 ^b	12,84± 0,19 ^c	19,04± 0,18 ^c	39,35± 0,23 ^b	
D-ATM	1,5	0,6858± 0,001 ^d	0,1758± 0,000 ^b	7,51 ±0,01 ^c	37,36± 0,00 ^b	12,91± 0,00 ^c	19,07± 0,01 ^c	39,53± 0,00 ^b	
E-FATM	1,5	0,6708± 0,000 ^c	0,1846± 0,000 ^d	6,73 ±0,01 ^a	36,28± 0,02 ^a	11,58± 0,02 ^a	17,71± 0,02 ^a	38,08± 0,02 ^a	
A-Control	3	0,6920± 0,002 ^c	0,1893± 0,001 ^d	6,28 ±0,06 ^a	34,78± 0,13 ^a	10,80± 0,10 ^a	17,25± 0,08 ^a	36,42± 0,16 ^a	
B-FTM	3	0,6772± 0,000 ^b	0,1817± 0,000 ^b	6,81 ±0,06 ^c	35,93± 0,16 ^c	11,71± 0,11 ^c	18,05± 0,09 ^b	37,79± 0,18 ^c	
C-FST	3	0,6361± 0,001 ^a	0,1764± 0,000 ^a	7,43 ±0,07 ^d	37,16± 0,13 ^d	12,77± 0,12 ^d	18,97± 0,11 ^c	39,29± 0,17 ^d	
D-ATM	3	0,7025± 0,000 ^d	0,1864± 0,001 ^c	6,69 ±0,08 ^c	35,79± 0,18 ^c	11,51± 0,13 ^c	17,83± 0,11 ^b	37,60± 0,21 ^c	
E-FATM	3	0,6794± 0,003 ^b	0,1907± 0,000 ^e	6,46± 0,03 ^b	35,32± 0,07 ^b	11,12± 0,06 ^b	17,48± 0,05 ^a	37,04± 0,08 ^b	

Resultados promedio con la desviación estándar (±) y resultados de la ANOVA representados, donde cada letra distinta representa diferencias significativas dentro de un mismo tiempo. IPT= Índice de polifenoles totales, IC= Intensidad colorante, A420/A520/A620= Absorbancias a longitud de onda 420,520 y 620, L*=Luminosidad, a*=Rojo/verde, b*=Amarillo/azul, hab*=Matiz, Cab*=Croma. Los tiempos(T): 0- tras la mezcla de los vinos, 1,5- Al mes y medio de la adición de astillas y A los 3 meses de la acción de astillas.

Tabla 7.- Resultados de la mANOVA para los factores madera y tiempo.

Madera	Á. Acético (g/L)	Índice Gelatina (%)	Índice PVPP (%)	IPT	Antocianos (mg/L)	Taninos (mg/L)	IC	A420
A-Control	0,32±0,07 ^a	74,3%±4,60% ^a	23,5%±6,60% ^{ab}	59± 1 ^a	461± 45 ^a	2,67± 0,13 ^{ab}	13,12± 0,37 ^b	0,4494±0,001 ^{ab}
B-FTM	0,32± 0,07 ^a	73,0%±5,90% ^a	25,8%±8,80% ^{ab}	61± 2 ^b	465± 64 ^a	2,67± 0,05 ^{ab}	13,36± 0,65 ^{bc}	0,4621±0,000 ^{bc}
C-FST	0,36± 0,11 ^b	78,0%±2,50% ^a	27,1%±9,70% ^{bc}	61± 2 ^c	476± 95 ^a	2,58± 0,11 ^a	12,58± 0,18 ^a	0,4356±0,000 ^{ab}
D-ATM	0,32± 0,07 ^a	75,4%±2,80% ^a	27,8%±11,90% ^{bc}	62± 2 ^c	465± 76 ^a	2,69± 0,10 ^{ab}	13,80± 0,7 ^c	0,4718±0,000 ^c
E-FATM	0,37± 0,13 ^b	75,2%±6,30% ^a	29,9%±13,50% ^c	61± 2 ^c	464± 74 ^a	2,80± 0,15 ^b	13,22± 0,28 ^b	0,4590±0,000 ^{bc}
Madera	A520	A620	L*	a*	b*	hab*	Cab*	
A-Control	0,6892±0,004 ^b	0,1736±0,000 ^{ab}	7,49± 1,55 ^{ab}	36,88± 2,29 ^{ab}	12,87± 2,63 ^{ab}	19,11± 2,48 ^{ab}	39,08± 3,04 ^{ab}	
B-FTM	0,6989±0,002 ^b	0,1750±0,000 ^b	7,18± 0,39 ^{ab}	36,54± 0,75 ^{ab}	12,35± 0,66 ^{ab}	18,66± 0,59 ^a	38,57± 0,92 ^a	
C-FST	0,6558±0,001 ^a	0,1671±0,000 ^a	8,08± 1,09 ^b	37,95± 1,34 ^b	13,88± 1,86 ^b	20,03± 1,78 ^b	40,42± 1,91 ^b	
D-ATM	0,7296±0,001 ^c	0,1783±0,000 ^b	7,04± 0,42 ^{ab}	36,35± 0,88 ^{ab}	12,12± 0,72 ^a	18,42± 0,62 ^a	38,32± 1,05 ^a	
E-FATM	0,6871±0,001 ^b	0,1758±0,000 ^b	7,46± 1,5 ^{ab}	36,96± 2,06 ^{ab}	12,82± 2,56 ^{ab}	19,02± 2,47 ^{ab}	39,14± 2,79 ^{ab}	
Tiempo (meses)	Á. Acético (g/L)	Índice Gelatina (%)	Índice PVPP (%)	IPT	Antocianos (mg/L)	Taninos (mg/L)	IC	A420
0	0,23± 0,01 ^a	72,8%±5,80% ^a	20,2%±1,40% ^a	60± 1 ^a	446± 10 ^b	2,66± 0,13 ^a	13,43± 0,83 ^b	0,4482±0,002 ^a
1,5	0,37± 0,03 ^b	78,3%±2,70% ^b	38,4%±5,60% ^b	63± 1 ^c	544± 27 ^c	2,75± 0,13 ^a	12,92± 0,33 ^a	0,4504±0,001 ^a
3	0,41± 0,05 ^c	74,4%±2,00% ^{ab}	21,9%±1,00% ^a	60± 1 ^b	408± 9 ^a	2,64± 0,10 ^a	13,30± 0,43 ^b	0,4681±0,001 ^{bc}
Tiempo (meses)	A520	A620	L*	a*	b*	hab*	Cab*	
0	0,7347±0,003 ^b	0,1596±0,000 ^a	8,37± 1,21 ^b	38,06± 1,79 ^c	14,37± 2,06 ^b	20,59± 1,87 ^b	40,70± 2,40 ^c	
1,5	0,6642±0,001 ^a	0,1774±0,000 ^b	7,25± 0,38 ^a	36,95±0,51 ^b	12,46± 0,65 ^a	18,63± 0,67 ^a	39,00± 0,69 ^b	
3	0,6774±0,001 ^a	0,1849±0,000 ^c	6,73± 0,44 ^a	35,79± 0,89 ^a	11,58± 0,75 ^a	17,91± 0,66 ^a	37,63± 1,07 ^a	

Resultados promedio con la desviación estándar (±) y resultados de la mANOVA representados en Sig, donde cada letra distinta representa diferencias significativas. IPT= Índice de polifenoles totales, IC= Intensidad colorante, A420/A520/A620= Absorbancias a longitud de onda 420,520 y 620, L*=Luminosidad, a*=Rojo/verde, b*=Amarillo/azul, hab*=Matiz, Cab*=Croma. Los tiempos: 0- tras la mezcla de los vinos, 1,5- Al mes y medio de la adición de astillas y A los 3 meses de la acción de astillas.

En esta fase, la extracción de compuestos fue mayor, ya que durante todo el periodo de contacto el contenido alcohólico correspondía al alcanzado al final de la fermentación alcohólica, lo que, al implicar un mayor grado alcohólico, favorece la solubilización y extracción de compuestos. Además, el tiempo de contacto con la madera fue considerablemente más prolongado (hasta 3 meses) en comparación con los 14 días de la etapa fermentativa. Los vinos fueron analizados en cada uno de los tres momentos previamente descritos. El ácido acético, por tipo de madera, destacan valores más altos en las astillas de roble francés sin tostar (C) y americano tostado medio (D). La madera, sobre todo nueva como en este estudio, puede ceder acético al vino procedente de los grupos acetilo de las hemicelulosas, aunque la fuente principal de formación de este compuesto son los microorganismos como las bacterias acéticas, levaduras y bacterias lácticas (Vivas et al., 1995), ambas causas justifican el aumento del compuesto con el tiempo, además, se incrementa debido a la exposición al vino con oxígeno, ya que la barrica, aunque sea vieja no es un recipiente estanco y se realizan manipulaciones.

Los antocianos de los diferentes vinos presentaron diferencias significativas por el factor tiempo. Las 5 barricas sufren un aumento en el primer mes y medio de crianza, siendo en este caso el menor valor el del vino control (el cual comenzó con una concentración significativamente mayor); pero finalmente se produce una caída en la concentración, terminando los 3 meses de crianza sin diferencias significativas. Jiménez-Sánchez et al., (2022) también notaron la caída de los antocianos alcanzando resultados sin diferencias significativas, lo que intentan explicar por la escasa presencia de taninos que permitan su estabilización o por un exceso de oxígeno (ya que en ese estudio usaron microoxigenación) que provocaría su oxidación y precipitación. En el presente estudio se emplearon barricas usadas que fueron manipuladas mínimamente, lo que limitó significativamente la entrada de oxígeno. Asimismo, se presume que el contenido de elagitaninos es mayor en los vinos envejecidos con madera, lo cual podría favorecer la copigmentación entre antocianos y taninos. Por otro lado, Del Álamo Sanza et al., (2004) atribuían la disminución de antocianos en el vino a las reacciones antociano-tanino, propias del envejecimiento, las cuales se producía a mayor velocidad en los vinos tratados con astillas. En este estudio se contaba un pH de 3.84, siendo conocido que las interacciones entre antocianos se favorecen se ven favorecidas por pH más bajos (Kontoudakis et al., 2011). El índice de %PVPP de los vinos mostró una evolución similar a la de los antocianos, con un incremento durante el primer mes y medio de crianza, seguido de una disminución posterior, asociada a la reducción en el contenido de antocianos. Durante el primer mes y medio, los resultados coincidieron con lo reportado por Zamora, (2007), quien observó que la presencia de astillas favorecía las combinaciones entre antocianos y flavonoles, aumentando así el índice de %PVPP.

Los taninos en los vinos experimentan diferencias muy pequeñas, el vino control comienza el envejecimiento con una mayor concentración, pero luego cae y terminan todos los tratamientos sin diferencias significativas (*Tabla 6*), con la mANOVA también se comprobó que no son significativos ni por tiempo ni por tipo de madera, además por el factor tiempo se observa la caída mencionada (*Tabla 7*). Los IPT de los vinos aumentaron durante el primer mes y medio de crianza, y después empiezan a disminuir, siendo el control el que más disminuye. Además, si se comparan los resultados del final de fermentación de la parte I de este ensayo, se observa una caída de los IPT generalizada, esto puede deberse a la polimerización que desencadenó formación de compuestos de mayor tamaño que precipitaron. Teniendo en cuenta los factores tipo de madera y tiempo, encontramos diferencias significativas en el factor tiempo, mientras que por tipo de madera el control es significativamente menor que el resto. En el estudio de Pérez-Gil et al., (2022), los valores más altos de IPT correspondían con las muestras en contacto con astillas de roble y era mayor, cuanto mayor fuese el tiempo de contacto, debido a la mayor extracción de polifenoles de la madera.

Durante los meses de envejecimiento se observó un aumento del índice de gelatina de los vinos, sobre todo el primer mes y medio. Probablemente esto se deba a la transferencia de los taninos del roble al vino, aunque los diferentes vinos apenas presentaron diferencias con el control. Al final del envejecimiento todos los resultados decayeron, debido a la mayor

suavidad de los taninos con la evolución, sin embargo, incluso en este momento se obtuvieron valores superiores al 60%, que es el límite a partir del cual se caracterizan vinos reactivos, con mayor dureza y astringencia (Ribéreau-Gayon et al, 2003).

La intensidad colorante (IC) de los vinos, representada en la *Figura 7*, presentó algunas diferencias significativas. Las astillas de roble americano con tostado medio (D) supusieron en todo momento un valor significativamente mayor que el control (A) en este parámetro. Desglosando la intensidad colorante en las diferentes longitudes de onda (420, 520 y 620 nm), se observó que durante el tiempo de envejecimiento, la disminución de la intensidad colorante del vino D se debe principalmente a las tonalidades rojas (A520) (*Tabla 6*).

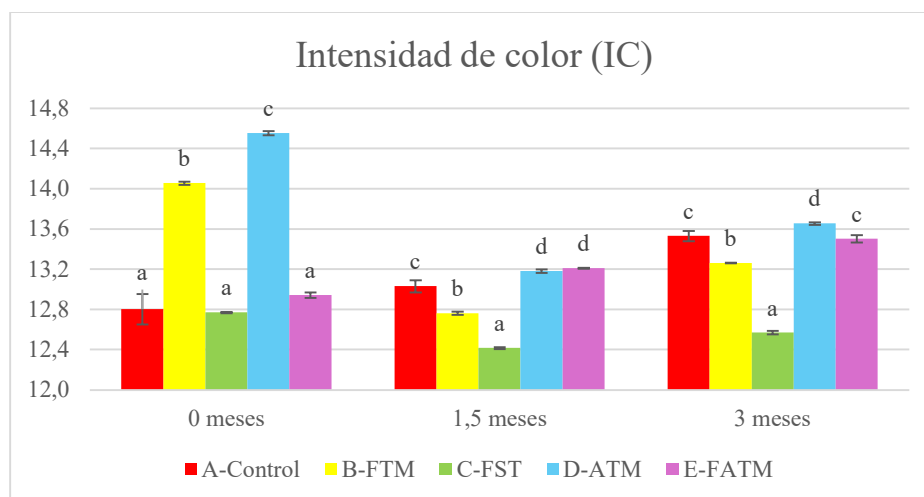


Figura 7.- Representación del IC en cada uno de los tiempos 0- Previo a la adición de astillas, 1,5- Al mes y medio de la adición de astillas y A los 3 meses de la acción de astillas.

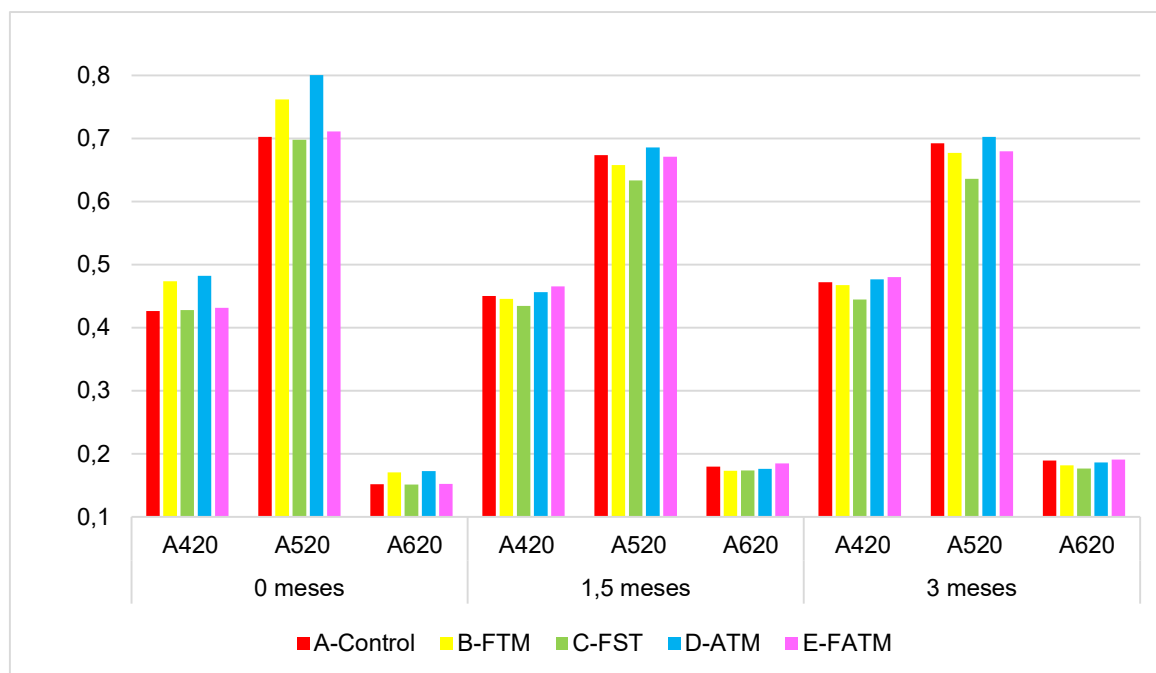


Figura 8.- Representación de las absorbancias medias para las longitudes de onda 420, 520 y 620 en cada uno de los tiempos: 0- Previo a la adición de astillas, 1,5- Al mes y medio de la adición de astillas y A los 3 meses de la acción de astillas.

Los componentes CIELAB también presentaron diferencias en los diferentes vinos. La luminosidad (L^*) del vino control (A) comenzó teniendo los mayores valores al inicio del envejecimiento, junto con C-FST y E-FATM, sin embargo disminuyó (A) y terminó el periodo de envejecimiento con valores significativamente menores a los vinos envejecidos con astillas. El vino C-FST fue el que mejor mantuvo los mayores valores de luminosidad. El croma del vino (Cab^*) fue disminuyendo a lo largo del periodo de envejecimiento, terminando el control (A) con el resultado significativamente más bajo. El matiz o tono del vino (hab^*) también disminuyó con el tiempo, obteniendo los valores más bajos el vino control (A) y el vino con la mezcla de maderas (E).

En lo referente al análisis sensorial, se observó una mayor integración de los distintos tipos de astillas en el vino por el mayor tiempo de contacto, lo que permitió identificar diferencias organolépticas más marcadas entre los diferentes tratamientos. Los resultados obtenidos en cada una de las catas se presentan en el

Anexo V. Con el fin de normalizar los datos de cada catador respecto a sus propias valoraciones, en la *Figura 9* se comparan los resultados de los distintos tratamientos con el vino control, representado por el valor 0 en el eje correspondiente.

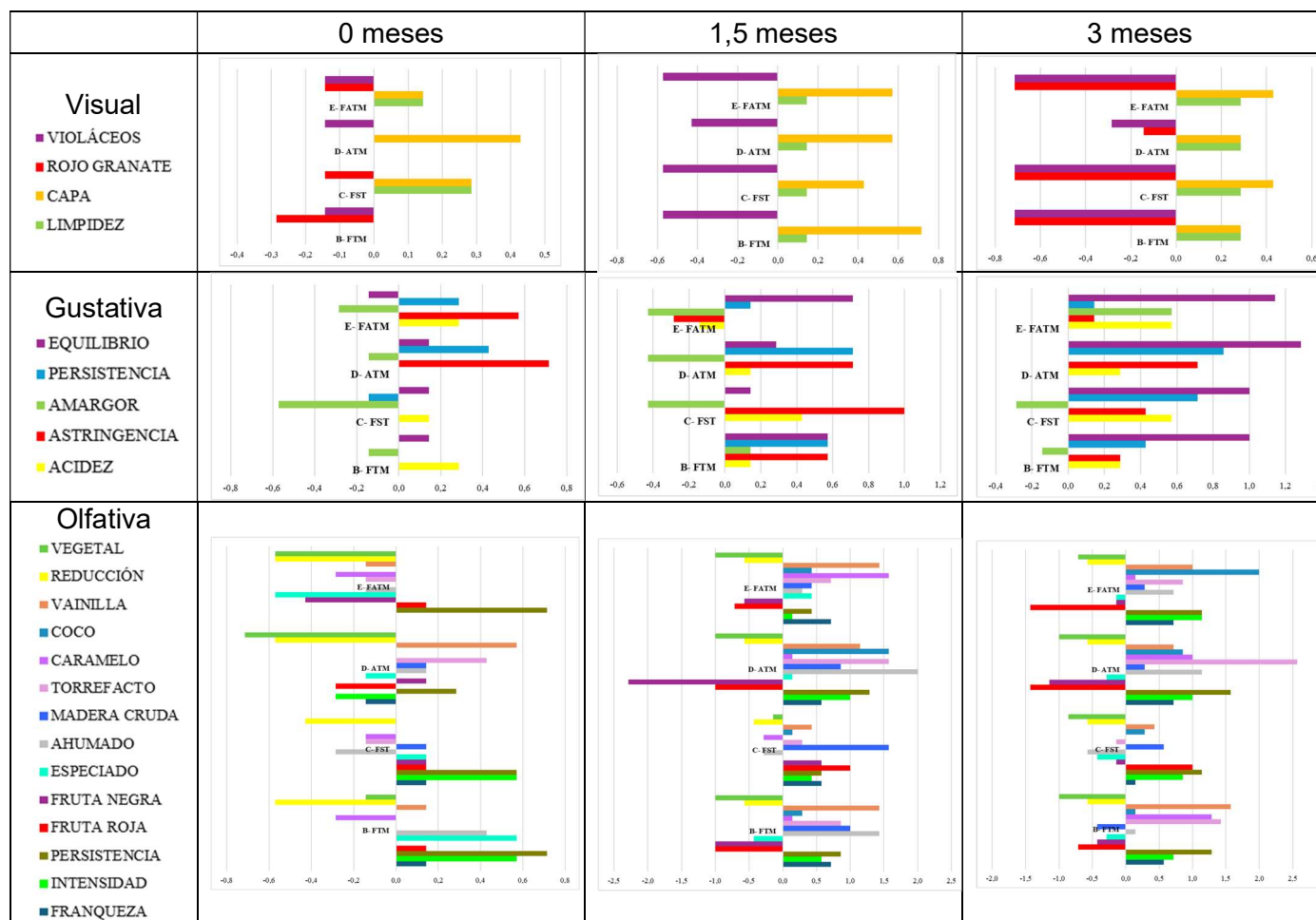


Figura 9.- Representación de los resultados promedio obtenidos en las diferentes catas para los 5 tratamientos, representando el control el eje vertical. Los tiempos: 0- tras la mezcla de los vinos, 1,5- Al mes y medio de la adición de astillas y A los 3 meses de la acción de astillas.

Cabe destacar que el carácter vegetal se encontraba en todo momento a la izquierda del eje, así como el amargor en boca (excepto para E-FATM). La astringencia en cambio fue

más percibida en los vinos con astillas. Además, en la nariz se apreciaron diferentes aromas aportados por la madera, como vainilla, coco, torrefactos... que fueron aumentando su intensidad a lo largo del envejecimiento, destacando sobre todo ATM (D), seguido de FATM (E), es conocido que los vinos macerados con roble americano presentan mayores concentraciones de whiskey-lactona y vainillina (Rodríguez-Bencomo et al., 2008), compuestos responsables de aromas más marcados a coco y vainilla.

En cuanto a la evaluación global (Figura 10) de los diferentes vinos y en los diferentes momentos, el vino control (A) siempre fue el peor valorado, mientras que la presencia de astillas, sobre todo las americanas (D y E), hizo que el vino final en el que han estado en contacto tuviera una valoración significativamente superior.

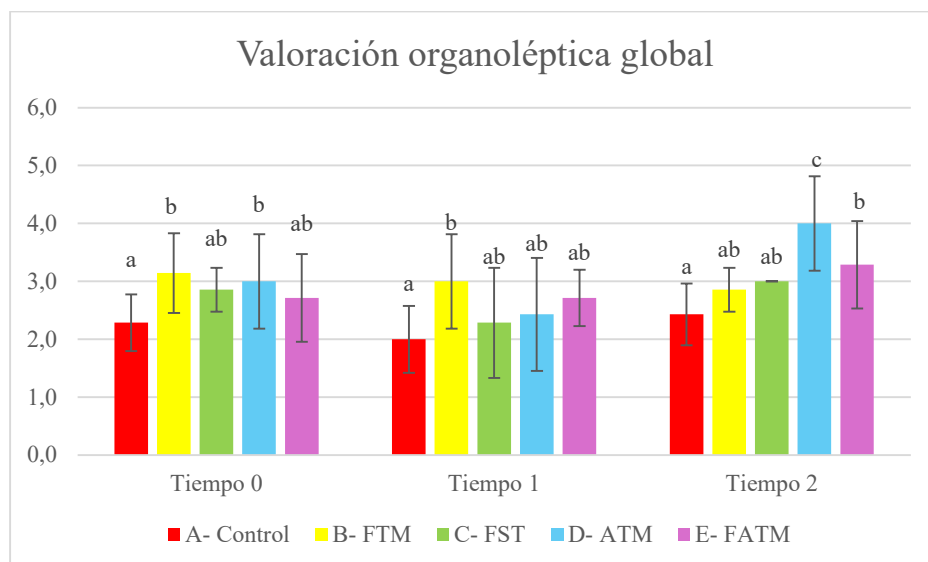


Figura 10.- Valoración organoléptica global obtenida en cada una de las catas.

7. CONCLUSIONES

Del presente estudio se pueden sacar las siguientes conclusiones.

Sobre el uso de astillas durante la fermentación:

- El período de contacto de 13 días entre el vino y las astillas de roble no resultó ser suficiente para evidenciar todas las posibles diferencias en comparación con el vino control, lo que sugiere que un mayor tiempo de maceración podría ser necesario para alcanzar una diferenciación sensorial y composicional más significativa. La incorporación de astillas de roble durante la elaboración del vino produjo un aumento en el índice de polifenoles totales (IPT). Sin embargo, no se observaron cambios significativos en los niveles de ácido acético, índice de gelatina, taninos ni antocianos. El uso de astillas de roble también contribuyó a una mayor estabilidad del color del vino, evidenciada por un incremento en el porcentaje de color determinado %PVPP y una mayor intensidad de color (IC), especialmente cuando estuvo en contacto con ATM (s).
- Desde el punto de vista organoléptico, la utilización de astillas de roble contribuyó a atenuar los aromas vegetales característicos de la finca. No obstante, cabe señalar que estos compuestos ya se encontraban menos marcados debido a la realización de la vendimia de forma manual.

En cuanto al uso durante el envejecimiento:

- El tiempo de contacto fue el principal factor que afectó a los diferentes parámetros analizados.
- Los vinos envejecidos con astillas de roble presentaron valores de IPT más elevados y estables en comparación con el vino control. En cambio, el índice de gelatina no mostró diferencias significativas entre los distintos tratamientos; sin embargo, todos los vinos registraron valores superiores al 60 %, lo que sugiere una elevada astringencia.
- A nivel organoléptico, los vinos envejecidos con astillas de roble recibieron valoraciones más favorables en comparación con el vino control. Este resultado se atribuye al efecto enmascarador de los compuestos liberados por la madera, que aportaron notas agradables como vainilla, coco o torrefacto, atenuando así las características menos deseables, como los aromas y sabores vegetales. No obstante, la astringencia fue más pronunciada en los vinos elaborados con astillas. En términos generales, las astillas que obtuvieron la mejor aceptación por parte del equipo técnico de la bodega fueron las de roble americano con tostado medio (D-ATM).

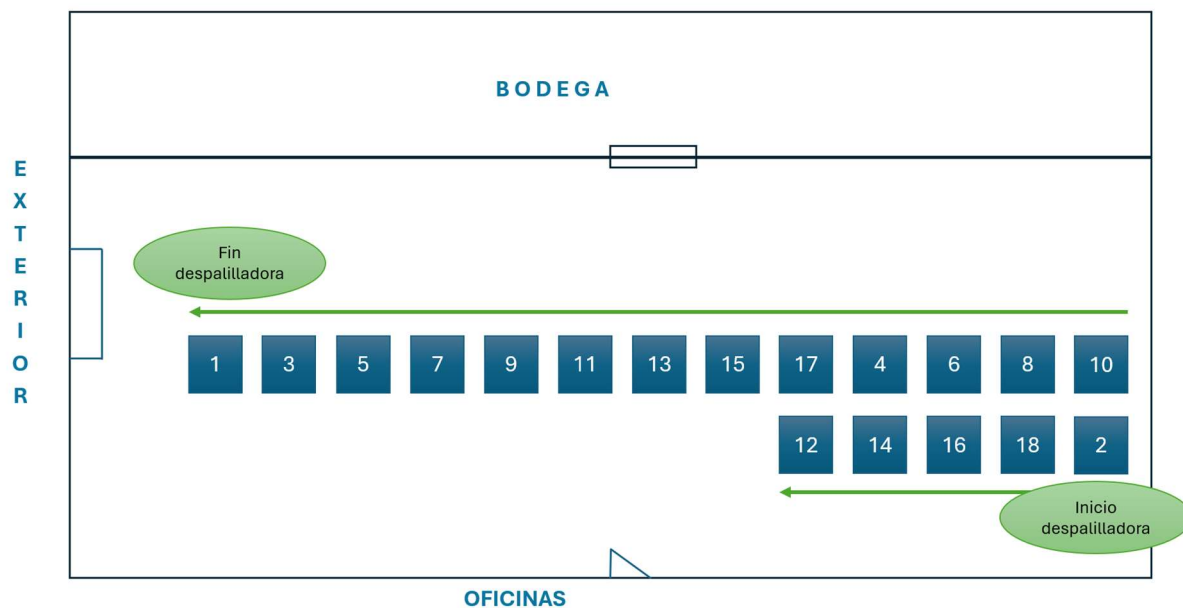
8. BIBLIOGRAFÍA

- Aleixandre, J.L., Sánchez, N., Aleixandre-Tudó, J.L., Lizama, V., García, M.J., Alvarez I. (2012) phenolic composition of bobal red wines elaborated with prefermentative cold maceration. *Ciência Téc. Vitiv.* 27 (2) 61-72.
- Bautista-Ortín, A. B., Lencina, A. G., Cano-López, M., Pardo-Mínguez, F., López-Roca, J. M., & Gómez-Plaza, E. (2008). The use of oak chips during the ageing of a red wine in stainless steel tanks or used barrels: Effect of the contact time and size of the oak chips on aroma compounds. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14(2). <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00008.x>
- Béteau, J., Roig Josa, G. (2006) Los chips de roble como herramienta de vinificación y crianza. *ACE Revista de Enología*.
- Blouin, J (1992). Techniques d'analyse des moûtes et des vins. Ed. Dujardin-Salleron, Paris, pp 199-201.
- Boidron, J.-N., Chatonnet, P., & Pons, M. (1988). Influence du bois sur certaines substances odorantes des vins. *OENO One*, 22(4). <https://doi.org/10.20870/oenone.1988.22.4.1263>
- Chatonnet, P., Boidron J., Pons M. (1989). Incidence du traitement thermique du bois de chêne sur sa composition chimique. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 23.
- Del Álamo Sanza, M., Domínguez, I. N., & Merino, S. G. (2004). Influence of different aging systems and oak woods on aged wine color and anthocyanin composition. *European Food Research and Technology*, 219(2). <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0930-5>
- Del Alamo Sanza, M. (2006). Sistemas alternativos al envejecimiento en barrica. *ACE Revista de Enología*.
- Fernández de Simón B. (2007). Tratamiento de la madera de roble para tonelería. Informe técnico. IV encuentro enológico. Crianza en barricas y otras alternativas. Ed. Fundación por la cultura del vino; 9-24.
- García-Carpintero, E. G., Gómez Gallego, M. A., Sánchez-Palomo, E., & González Viñas, M. A. (2011). Sensory descriptive analysis of Bobal red wines treated with oak chips at different stages of winemaking. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(3). <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00161.x>
- Glories, Y. (1984) La couleur des vins rouges. Les equilibres des anthocyanes et des tanins. *Connaissance de La Vigne et Du Vin*, 18, 195–217. DOI: 10.20870/oenone.1984.18.3.1751
- Gómez García-Carpintero, E., Gómez Gallego, M. A., Sánchez-Palomo, E., & González Viñas, M. A. (2012). Impact of alternative technique to ageing using oak chips in alcoholic or in malolactic fermentation on volatile and sensory composition of red wines. *Food Chemistry*, 134(2). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.194>
- Gordillo, B., Cejudo-Bastante, M. J., Rodríguez-Pulido, F. J., Lourdes González-Miret, M., & Heredia, F. J. (2013). Application of the differential colorimetry and polyphenolic profile to the evaluation of the chromatic quality of Tempranillo red wines elaborated in warm climate. Influence of the presence of oak wood chips during fermentation. *Food Chemistry*, 141(3). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.014>
- Gutiérrez Afonso, V. L. (2002). Sensory Descriptive Analysis between white wines fermented with oak chips and in barrels. *Journal of Food Science*, 67(6). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09563.x>
- Jiménez-Sánchez, M., Castro, R., Rodríguez-Dodero, M. C., & Durán-Guerrero, E. (2022). The impact of ultrasound, micro-oxygenation and oak wood type on the phenolic and volatile composition of a Tempranillo red wine. *LWT*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113618>

- Jourdes, M., Michel, J., Saucier, C., Quideau, S., & Teissedre, P. L. (2011). Identification, amounts, and kinetics of extraction of C-glucosidic ellagitannins during wine aging in oak barrels or in stainless steel tanks with oak chips. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 401(5). <https://doi.org/10.1007/s00216-011-4949-8>
- Kontoudakis, N., González, E., Gil, M., Esteruelas, M., Fort, F., Canals, J. M., & Zamora, F. (2011). Influence of wine pH on changes in color and polyphenol composition induced by micro-oxygenation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(5). <https://doi.org/10.1021/jf103038g>
- Lamçe, F., Kyçyk, O., Gozhdari, K., Zejnelhoxha, S., & Kukali, E. (2020). The influence of stems and oak chips on the fermentation and color stabilization during maturation of red wines produced by cv. Shesh I Zi. *Journal of Central European Agriculture*, 21(1). <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.1.2735>
- Li, S. Y., & Duan, C. Q. (2019). Astringency, bitterness and color changes in dry red wines before and during oak barrel aging: An updated phenolic perspective review. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 59, Issue 12). <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1431762>
- OIV. Compendium of international methods of wine and must analysis (2022).
- Pérez-Coello, M. S., Sánchez, M. A., García, E., González-Viñas, M. A., Sanz, J., & Cabezudo, M. D. (2000). Fermentation of white wines in the presence of wood chips of American and French oak. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3). <https://doi.org/10.1021/jf990884+>
- Pérez-Gil, M., Pérez-Lamela, C., & Falqué-López, E. (2022). Comparison of Chromatic and Spectrophotometric Properties of White and Red Wines Produced in Galicia (Northwest Spain) by Applying PCA. *Molecules*, 27(20). <https://doi.org/10.3390/molecules27207000>
- Pérez-Prieto, L. J., López-Roca, J. M., Martínez-Cutillas, A., Pardo Mínguez, F., & Gómez-Plaza, E. (2002). Maturing wines in oak barrels. Effects of origin, volume, and age of the barrel on the wine volatile composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(11). <https://doi.org/10.1021/jf011505r>
- Riberéau-Gayón, J., & Stonstreet, E. (1965). Determination of anthocyanins in red wine. *Bulletin de la Société Chimique de France*, 9, 2649–2652.
- Ribéreau-Gayón, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dobourdieu, D. (2003). Tratado de enología 2. Química del vino. Estabilización y tratamientos. (Ediciones). Madrid, España.
- Rodríguez-Bencomo, J.J., Ortega-Heras, M., Pérez-Magariño, S., González-Huerta, C., González-San José, M.L. (2008). Importance of Chip Selection and Elaboration Process on the Aromatic Composition of Finished Wines. *J.Agric. Food Chem.* 56, 5102-5111.
- Saucier, C.; Jourdes, M.; Glories, Y.; Quideau, S. (2006). Extraction, Detection, and Quantification of Flavano-Ellagitannins and Ethylvescalagin in a Bordeaux Red Wine Aged in Oak Barrels. *J. Agric. Food Chem.* 54 (19), 7349–7354.
- Soto Vázquez, E., Río Segade, S., Orriols Fernández, I. (2010). Effect of the winemaking technique on phenolic composition and chromatic characteristics in young red wines. *European Food Research and Technology*, 231.
- Vivas N., Glories Y., Lagune L., Saucier C., Agustin M., (1994). Estimation of the polymerisation level of procyanidins from grapes and wines by use of p-dimethylaminocinnaldehyde. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 28, 319-336.
- Vivas., N. Lonvaud-Funel, A., Glories, Y. (1995) Observations sur l'augmentation de l'acidité volatile dans les vins rouges au cours de leur élevage en barriques. *J. Sci. Tech. Tonn.*, 1, 81-101.
- Zamora, F. (2007) Influencia de la crianza en barrica y de la microoxigenación sobre la estabilización de la materia colorante del vino y sobre su astringencia. *Revista Enología* Nº2.

9. ANEXOS

Anexo I: Ubicación de los depósitos en la sala.



Anexo II: Productos enológicos añadidos en el encubado de la uva.

Nombre comercial	Producto	Dosis	Cantidad por ensayo
Sulfisol 18 (Lamothé-Abiet)	SO ₂ al 18 %	35 mg/L	25 mL
Enzyvin Color (Enolviz)	Preparado enzimático compuesto principalmente de pectinasa y hemicelulasa.	3 g/100 kg	4,5 g
Tanicol One (Agrovin)	Tanino elágico	6 g/100 kg	9 g
Tanin Galalcool (Laffort)	Tanino gálico	3 g/100 kg	4,5 g
Granular Onenobois (Lamothé-Abiet)	Astillas de roble	Según ensayo	

Anexo III: Formato de la ficha de cata



FICHA DE ANÁLISIS SENSORIAL

Universidad de Valladolid



Escuela Técnica Superior
de Ingenierías Agrarias Palencia

FECHA: _____

Nº CATADOR: _____

Nº MUESTRA: _____

FASE VISUAL

	-	0	1	2	3	4	+
LIMPIDEZ							
CAPA							
ROJO TEJA							
ROJO GRANATE							
VIOLÁCEOS							

FASE OLFATIVA

	-	0	1	2	3	4	+
FRANQUEZA							
INTENSIDAD							
PERSISTENCIA							
FRUTA ROJA							
FRUTA NEGRA							
FLORAL							
ESPECIADO							
FRUTOS SECOS							
AHUMADO							
MADERA CRUDA							
TORREFACTO							
CARAMELO							
COCO							
VAINILLA							
REDUCCIÓN							
OXIDACIÓN							
TERROSO							
VEGETAL							
OTROS DEFECTOS							

FASE GUSTATIVA

	-	0	1	2	3	4	+
ACIDEZ							
ASTRINGENCIA							
AMARGOR							
PERSISTENCIA							
EQUILIBRIO							

GLOBAL

	-	0	1	2	3	4	+

Anexo IV: Recopilación de los resultados de la cata organoléptica tras las fermentaciones

Parámetro		Control	FTM (s)	FTM (m)	FST (s)	FST (m)	ATM (s)	ATM (m)	FATM (s)	FATM (m)
Visual	Limpidez	2,36	2,29	2,29	2,57	2,57	2,57	2,43	2,43	2,43
	Capa	3,71	3,71	3,71	3,86	4,07	3,86	3,79	3,79	3,79
	Rojo teja	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rojo granate	4,00	3,64	3,79	4,21	4,00	3,57	3,86	3,79	4,07
	Violáceos	3,36	3,00	3,07	3,36	3,50	2,57	2,64	2,64	3,50
Gustativa	Acidez	2,50	2,79	2,43	2,36	2,14	2,57	2,43	2,14	2,50
	Astringencia	2,43	2,50	2,36	2,43	2,29	2,57	2,43	2,29	2,36
	Amargor	1,50	1,71	1,43	1,36	1,29	1,36	2,36	1,50	2,57
	Persistencia	3,07	3,43	3,21	3,21	2,79	3,29	1,07	2,71	1,36
	Equilibrio	2,36	2,93	2,21	2,79	2,64	2,64	1,57	2,57	1,79
Olfativa	Franqueza	2,57	2,43	2,36	2,57	2,43	2,43	2,43	2,64	2,50
	Intensidad	2,86	2,64	2,71	2,79	2,64	3,14	2,43	2,57	2,36
	Persistencia	2,71	2,57	2,64	2,64	2,29	3,36	2,36	2,36	2,57
	Fruta roja	1,50	1,86	1,07	1,57	1,64	1,29	1,07	1,00	1,36
	Fruta negra	1,71	2,14	1,57	2,21	1,50	1,50	1,57	2,00	1,79
	Floral	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Especiado	1,14	1,00	0,64	0,86	0,71	0,86	0,64	0,43	0,50
	Frutos secos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ahumado	-	0,64	0,29	0,29	0,07	1,50	0,57	0,50	0,29
	Madera cruda	-	0,43	0,29	0,43	0,57	0,93	0,64	0,50	0,50
	Torrefacto	-	0,57	0,29	0,29	0,07	1,64	0,64	0,71	0,64
	Caramelo	0,07	0,21	0,14	0,29	0,50	0,14	0,57	0,57	0,07
	Coco	-	0,07	-	0,07	-	0,07	0,14	-	-
	Vainilla	-	0,14	0,29	0,29	0,21	0,43	0,36	0,50	0,29
	Reducción	-	0,79	0,43	-	0,14	-	0,43	0,71	0,43
	Oxidación	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Terroso	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Vegetal	1,21	1,07	0,79	0,86	0,79	0,36	0,21	0,50	0,71
	Otros defectos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Global		2,36	2,71	2,36	3,14	2,64	2,86	3,07	2,79	2,29

Anexo V: Recopilación de los resultados de las catas en los vinos envejecidos. Resultados promedio.

Parámetro		Previa adición de astillas					Mes y medio de contacto					Tres meses de contacto				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Visual	Limpidez	3,71	3,71	4,00	3,71	3,86	3,86	3,86	3,86	3,86	3,86	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Capa	3,57	3,57	3,86	4,00	3,71	4,14	4,29	4,00	4,14	4,14	4,00	3,86	4,00	3,86	4,00
	Rojo teja	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Rojo granate	3,86	3,57	3,71	3,86	3,71	3,71	3,86	3,86	3,86	3,86	3,86	3,14	3,14	3,71	3,14
	Violáceos	4,57	4,43	4,57	4,43	4,43	3,86	4,00	4,00	4,14	4,00	3,57	3,86	3,86	4,29	3,86
Gustativa	Acidez	2,29	2,57	2,43	2,29	2,57	2,57	2,43	2,71	2,43	2,14	2,57	2,57	2,86	2,57	2,86
	Astringencia	2,71	2,71	2,71	3,43	3,29	2,43	3,29	3,71	3,43	2,43	2,86	3,00	3,14	3,43	2,86
	Amargor	2,14	2,00	1,57	2,00	1,86	1,71	2,29	1,71	1,71	1,71	1,86	2,00	1,86	2,14	2,71
	Persistencia	3,00	3,00	2,86	3,43	3,29	3,43	3,57	3,00	3,71	3,14	3,43	3,43	3,71	3,86	3,14
	Equilibrio	2,43	2,57	2,57	2,57	2,29	2,00	3,00	2,57	2,71	3,14	3,14	3,43	3,43	3,71	3,57
Olfativa	Franqueza	3,14	3,29	3,29	3,00	3,14	3,43	3,86	3,71	3,71	3,86	3,43	3,71	3,29	3,86	3,86
	Intensidad	2,86	3,43	3,43	2,57	2,86	2,86	3,43	3,29	3,86	3,00	3,43	3,57	3,71	3,86	4,00
	Persistencia	2,43	3,14	3,00	2,71	3,14	2,43	3,29	3,00	3,71	2,86	3,43	3,71	3,57	4,00	3,57
	Fruta roja	1,86	2,00	2,00	1,57	2,00	1,29	0,86	2,86	0,86	1,14	2,00	1,14	2,86	0,43	0,43
	Fruta negra	3,00	3,00	3,14	3,14	2,57	2,43	2,00	3,57	0,71	2,43	2,29	2,57	2,86	1,86	2,86
	Floral	0,71	0,29	0,43	0,57	0,43	0,29	0,29	0,29	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	0,00	0,14
	Especiado	1,14	1,71	1,29	1,00	0,57	0,43	0,71	1,14	1,29	1,57	0,14	0,86	0,71	0,86	1,00
	Frutos secos	0,00	0,14	0,14	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ahumado	0,86	1,29	0,57	1,00	0,71	0,29	2,29	0,57	2,86	1,14	0,00	1,00	0,29	2,00	1,57
	Madera cruda	0,43	0,43	0,57	0,57	0,43	0,43	1,43	2,00	1,29	0,86	0,00	0,00	1,00	0,71	0,71
	Torrefacto	0,71	0,71	0,57	1,14	0,57	0,14	1,57	1,00	2,29	1,43	0,00	2,14	0,57	3,29	1,57
	Caramelo	0,29	0,00	0,14	0,29	0,00	0,00	0,43	0,00	0,43	1,86	0,14	1,57	0,29	1,29	0,43
	Coco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,14	1,57	0,43	0,00	0,14	0,29	0,86	2,00
	Vainilla	0,43	0,57	0,43	1,00	0,29	0,14	1,86	0,86	1,57	1,86	0,00	2,00	0,86	1,14	1,43
	Reducción	0,57	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Oxidación	0,00	0,00	0,71	0,14	0,00	1,29	0,29	0,14	0,00	0,00	0,14	0,14	0,00	0,00	0,00
	Terroso	0,29	0,00	0,29	0,00	0,14	0,43	0,00	0,14	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00
	Vegetal	1,00	0,86	1,00	0,29	0,43	0,86	0,00	0,86	0,00	0,00	0,57	0,00	0,14	0,00	0,29
	Otros defectos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Global		2,57	2,86	2,86	3,00	2,71	2,00	3,00	2,29	2,43	2,71	2,43	2,86	3,00	4,00	3,29