



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Grado en Enología

Comparación de la reducción parcial del
grado alcohólico mediante diálisis por
membrana en vino blanco y tinto joven.

Alumno/a: David Rodríguez Coco

Tutor/a: Encarnación Fernández Fernández
Cotutor/a: José Ignacio Calvo Diez

Junio de 2023

Copia para el tutor/a

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	1
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. OBJETIVOS	3
5. MATERIALES Y MÉTODOS	4
5.1. Vinos de partida	4
5.2. Membrana y equipo de diálisis	4
5.3. Métodos analíticos	6
5.4. Determinación de aromas	6
5.5. Análisis sensorial	7
5.6. Análisis estadístico	8
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
6.1. Resultados de la desalcoholización	9
6.2. Análisis químico	10
6.3. Comparación aromas	14
6.4. Comparación análisis sensorial	19
7. CONCLUSIONES	26
8. BIBLIOGRAFÍA	29

1. RESUMEN

La diálisis por membrana es una técnica de desalcoholización parcial de vinos que conserva la mayoría de los aromas del vino de partida. Esta técnica ya ha sido utilizada en estudios previos de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia (ETSIIAA) para vinos blancos y tintos, por separado, de diferentes vendimias. Este estudio ha pretendido hacer una comparativa del uso de esta técnica en vino blanco y tinto de la misma añada.

Se ha comparado el resultado de la desalcoholización, mediante los análisis químicos y sensoriales adecuados para determinar con qué vino funciona mejor este método aplicando distintas técnicas de análisis estadístico. Además, se ha realizado una cromatografía de gases para comprobar si los compuestos aromáticos se ven apreciablemente disminuidos en su composición final para los vinos dializados.

El uso de esta metodología dio como resultado vinos con un grado alcohólico menor al de partida con unas características químicas y sensoriales aceptables, y una menor concentración de algunos compuestos aromáticos. Cabe destacar que este estudio comprueba que esta técnica de desalcoholización parcial funciona algo mejor en el caso de los vinos tintos, aunque los vinos tintos tratados presentan una menor aceptabilidad que los correspondientes vinos blancos.

Palabras clave: Desalcoholización, vino, comparar y aromas

ABSTRACT

Membrane dialysis is a suitable technique for the partial dealcoholisation of wines that preserves most of the aromas of the original wine. This technique has already been used in previous studies at the Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia (ETSIIAA) for white and red wines, separately, from different vintages. The aim of this study was to compare the use of this technique in white and red wines of the same vintage.

The result of dealcoholisation was compared, through the appropriate chemical and organoleptic analyses, to determine which wine works best with this method by applying statistical analysis. In addition, gas chromatography was carried out to check whether the aromas are appreciably diminished in their final composition for filtered wines.

The use of this methodology resulted in wines with a lower alcoholic strength than the starting one with acceptable chemical and sensory characteristics and a lower concentration of some aromatic compounds. It should be noted that this study proves that this partial dealcoholisation technique works somewhat better in the case of red wines. However, the treated red wines become less acceptable than the corresponding white wines.

Keywords: Dealcoholization, wine, comparison and aromas

2. INTRODUCCIÓN

Las campañas y normativas restrictivas sobre el consumo de alcohol han provocado un aumento de las bebidas desalcoholizadas parcial y totalmente. Algunos beneficios para los consumidores de este tipo de productos son la reducción de calorías, a la vez que disminuyen los problemas de salud ocasionados por la ingesta de alcohol. Otras ventajas para los productores de estas bebidas son la reducción en el pago del impuesto sobre el alcohol y la diferenciación en el mercado gracias a estos nuevos productos (Liguori et al., 2018).

El nivel de consumo de vino ha disminuido en los países de Europa occidental debido a la consciencia de los consumidores sobre los problemas que genera el alcohol (Liguori et al., 2018). Un elevado consumo de bebidas con alcohol puede provocar trastornos sociales, neuropsiquiátricos como depresión y orgánicos como enfermedades hepáticas debido a su contenido en etanol (Hendriks, 2020). El consumo de alcohol ha disminuido junto con el aumento de la graduación alcohólica del vino (Liguori et al., 2018). Por esta razón, una reducción parcial del grado alcohólico del vino puede ser interesante para favorecer un consumo moderado de alcohol.

De hecho, si bien el abuso de alcohol es perjudicial para la salud, un consumo moderado enmarcado en una dieta mediterránea puede tener efectos positivos en la salud (Hrelia et al., 2022). En el caso de los vinos tintos en particular, hay fenoles como el resveratrol que tienen actividad antioxidante, antiinflamatoria y antitrombótica entre otros efectos (Hrelia et al., 2022). Estos fenoles tienen efecto cardioprotector, antiosteoporótico, antimutagénico, cardioprotector y antioxidante (Castro-Muñoz, 2020). Por todo ello, obtener vinos con niveles más bajos de alcohol y niveles fenólicos similares al vino de partida puede ser interesante y conveniente.

Por otra parte, el cambio climático está provocando un calentamiento global que está afectando al sector vitícola de regiones reconocidas como Francia, Italia o España, provocando una disminución de las precipitaciones y un aumento de la temperatura. Todo ello ha provocado un adelanto en la fecha de vendimia debido a que las uvas estén demasiado maduras y tengan altos niveles de alcohol y baja acidez (Mozell y Thach, 2014). El uso de la desalcoholización parcial de vinos puede ser interesante para obtener vinos con una graduación alcohólica inferior y una correcta madurez fenólica.

Además, se ha producido un aumento de la demanda de bebidas desalcoholizadas en los últimos años. Pero el principal inconveniente de estos productos suele ser la diferencia organoléptica respecto al producto con alcohol. Estas diferencias son principalmente aromáticas y gustativas. Por lo tanto, es de gran importancia encontrar una buena técnica para la eliminación del etanol y los métodos de desalcoholización que utilizan membranas conservan mejor las características olfativas de esos vinos (Mangindan et al., 2018).

La Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) admite el uso de la corrección de alcohol mediante técnicas de membranas siempre que se cumplan las siguientes condiciones (OIV, 2012; OIV, 2015):

- No se utilicen en vinos con defectos organolépticos.
- No se realicen modificaciones del contenido de azúcar en el mosto antes de fermentar.
- La reducción máxima de grado alcohólico sea del 20 % del grado alcohólico inicial.
- El vino con modificación del grado alcohólico debe ser superior a 8,5 % (salvo legislación particular de la región considerada) para que entre en la definición de vino de la OIV.
- El proceso se realice bajo la supervisión de un enólogo o técnico especializado.

Algunos de estos métodos que utilizan membranas son la ósmosis inversa, la pervaporación, la nanofiltración y la diálisis. Este estudio se llevará a cabo utilizando este último tratamiento. La diálisis está basada en el transporte de compuestos por diferencia de concentraciones. Este gradiente permite el transporte de compuestos con bajo peso molecular como el etanol (Castro-Muñoz, 2020).

Las principales ventajas de la diálisis por membrana son la no necesidad de enfriar el sistema, el hecho de no trabajar con presiones y que no se necesita aumentar la

concentración o realizar una dilución. Gracias a ello, se tiene una pérdida mínima de CO₂ (Castro-Muñoz, 2020).

El proceso de diálisis probado en vinos blancos en un estudio previo dio como resultado un vino con unas diferencias bajas respecto al vino sin tratar, tanto en análisis químico como sensorial. Los vinos tratados y sin tratar presentaron unos atributos sensoriales similares que hacen que estos vinos no lleguen a diferenciarse unánimemente por los consumidores (Calvo et al., 2022).

Mientras que, en otro estudio posterior de este mismo proceso aplicado en esta ocasión a vinos tintos, se concluyó que los vinos tratados y sin tratar tenían diferencias ligeras en análisis sensorial, además el no tratado presentaba una aceptabilidad superior al vino tratado (Ludeña, 2022).

Los análisis químicos de los vinos tratados con el proceso de desalcoholización parcial comentado en los párrafos anteriores mostraron una bajada de la acidez total, sulfuroso e índice de polifenoles totales (IPT) y una disminución efectiva del grado alcohólico, objetivo final del tratamiento aplicado (Calvo et al., 2022; Ludeña, 2022).

3. JUSTIFICACIÓN

El cambio climático está provocando modificaciones en la enología del viejo mundo tal y como se conoce actualmente, dando uvas con grados alcohólicos probables mayores a los de hace unos años. Las técnicas de desalcoholización parcial de vinos pueden resultar de interés en la enología de los próximos años.

Estudios sobre los efectos en la salud del vino indican que el etanol es el principal componente de estos que perjudica a la salud por su implicación directa en trastornos físicos y mentales. Como se ha mencionado previamente, este compuesto está aumentando paulatinamente debido a la mayor maduración de la uva en climas crecientemente más calurosos, especialmente en los vinos de principales países productores como Francia, Italia y España. Por otro lado, hay una creciente demanda en el mercado de bebidas desalcoholizadas parcial y totalmente.

Por todo ello, se ha decidido tratar el tema de la desalcoholización parcial de vinos centrandolo este estudio sobre la aplicación de la diálisis por membrana. Esta técnica, poco estudiada en la actualidad para este tipo de aplicaciones, es capaz de dar vinos con características sensoriales razonablemente similares al vino de partida. En este trabajo, se comparará el resultado de la aplicación de este proceso en vinos tintos y blancos de la misma añada, tanto desde el punto de vista químico como sensorial.

4. OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es comparar el proceso de desalcoholización mediante diálisis por membrana en vino tinto y en vino blanco.

Los objetivos secundarios son:

- ❖ Conseguir vinos parcialmente desalcoholizados con unas características analíticas y organolépticas aceptables.
- ❖ Establecer las principales diferencias entre el proceso aplicado en vinos tintos o vinos blancos.
- ❖ Conocer si esta técnica de desalcoholización se adapta mejor para tratar vinos blancos o tintos.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Vinos de partida

Los vinos utilizados en este estudio fueron elaborados en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia (ETSIIAA) con uvas procedentes del Instituto Técnico Agrario de Castilla y León (ITACYL), correspondientes a la vendimia del 2022. El vino tinto fue elaborado con un 80 % de Tempranillo y un 20 % de Garnacha, mientras que el vino blanco se elaboró monovarietal con uva Verdejo. Ambos vinos se filtraron utilizando un filtro de placas de celulosa de 2,5 μm antes de ser sometidos al proceso de diálisis por membrana.

5.2. Membrana y equipo de diálisis

Los experimentos de filtración por diálisis se realizaron en los laboratorios del Grupo de Superficies y Materiales de Porosos (SMAP) en la Facultad de Ciencias, de Valladolid.

❖ Equipo

Las partes del equipo de diálisis esquematizado en la figura 1 serían:

1 y 2 - Matraz Erlenmeyer conteniendo 2 L de vino y de agua Milli-Q respectivamente.

3 - Celda de diálisis con recirculación, por la que circulan agua mili-Q y vino en contracorriente.

4 - Membrana de diálisis PLGC (Ultracel) 10 kDa, suministrada por Merck Millipore, con su cara activa hacia el lado de recirculación del vino y su soporte en contacto con el agua

5 - Bombas peristálticas Eheim (Leadfluid, Hebei, China), modelo 1048.

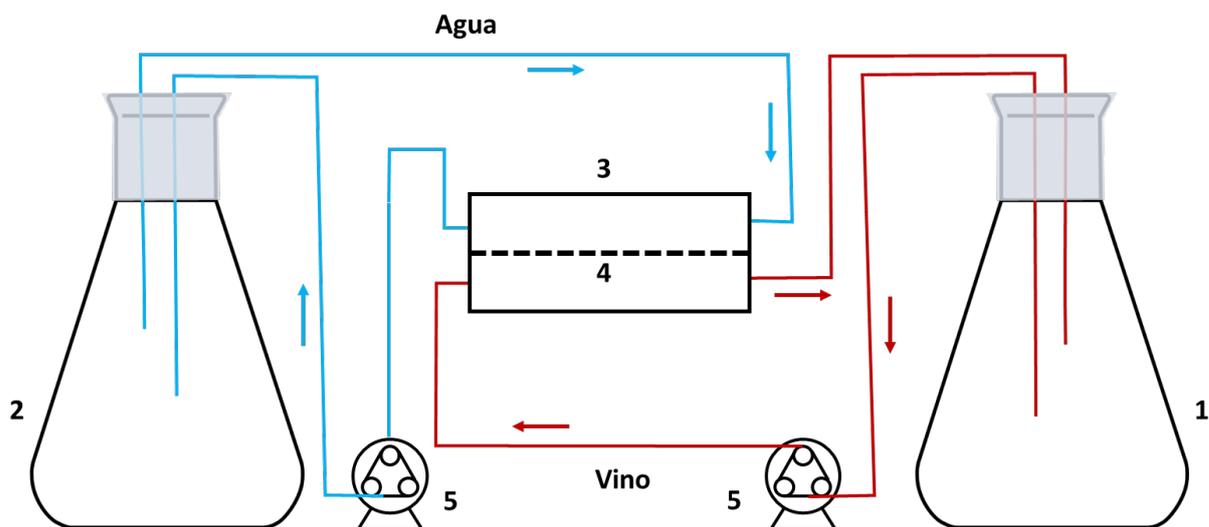


Figura 1 - Esquema del equipo de diálisis. (Fuente propia)

En primer lugar, se añaden 2 L de vino y agua Milli-Q en sendos matraces Erlenmeyer tapados con Parafilm® para evitar la pérdida de aromas y la oxidación. El vino y el agua Milli-Q son transportados por sus respectivas bombas peristálticas a la celda de diálisis. El área activa de la celda de diálisis es de $4,4 \times 10^{-3} \text{ m}^2$. Tras pasar por la celda, los líquidos vuelven a sus respectivos matraces Erlenmeyer.

❖ Membrana

Para la elección de membrana, se tuvo en cuenta un estudio previo realizado con el mismo dispositivo experimental sobre vinos blancos. Se utilizó el mismo vino filtrado durante más de 21 horas con extracciones de 5 mL de ambos matraces cada hora, para medir el contenido de alcohol por refractometría. Cuando acabó el proceso, se volvieron a medir los niveles de alcohol (Calvo et al., 2022).

De entre las diversas membranas utilizadas, se demostró que la membrana Ultracel tiene los mejores resultados respecto a reducción de alcohol y en un tiempo más corto. Eligiendo esta membrana, se pueden obtener vinos con una reducción de grado alcohólico cercana al 2 % en tiempos razonablemente cortos (Calvo et al., 2022).

Las membranas PLGC Ultracel elegidas para realizar este estudio son de celulosa regenerada y son recomendadas por el fabricante para desalinizar y concentrar soluciones diluidas. Presentan una microestructura relativamente densa que se puede observar en la figura 2, con poros en el rango de la Ultrafiltración (UF), siendo además hidrófilas. Por otro lado, vienen comercializadas en forma de discos planos de diámetro 150 mm y de entre los diversos tamaños de poro que incluye en su oferta el fabricante, se escogió la que presenta un peso molecular de corte de 10 kDa (Sigma Aldrich, 2023).

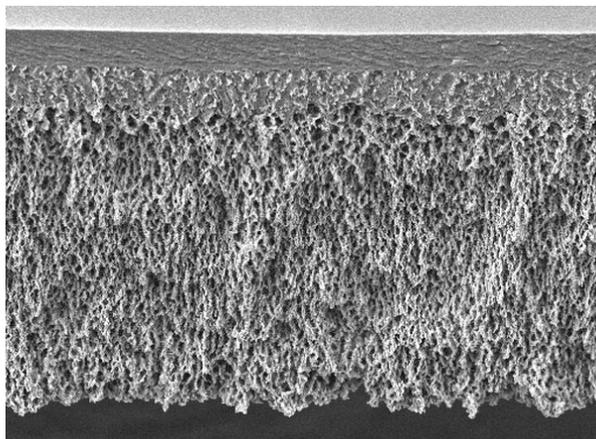


Figura 2 - Imagen transversal de la membrana PLGC 10 kDa al microscopio electrónico. Parte activa en la parte superior. (Fuente: Sigma Aldrich, 2023)

❖ Proceso

Teniendo en cuenta la normativa de la OIV 17/2005 (reducción máxima del grado alcohólico del 20 % respecto al grado alcohólico inicial), se han utilizado tiempos de 8h para que la reducción de alcohol obtenido no superara en ningún caso el 2 %.

Para cada tipo de vino (tinto y blanco) la filtración se realizó en tres sesiones consecutivas, a fin de tener suficiente cantidad de vino filtrado para los posteriores análisis químicos y sensoriales. Las tres filtraciones de cada tipo de vino se realizaron con una misma muestra de membrana. Únicamente se cambió la muestra de membrana al pasar de vino blanco a vino tinto. Todas las sesiones de diálisis duraron 8h y, al terminar las 3 sesiones, se homogeneizó el vino resultante y se embotelló de nuevo.

Las botellas de vino a utilizar fueron guardadas en el frigorífico hasta el momento de realizar la diálisis para que el vino estuviera frío y perder menos compuestos aromáticos.

Al finalizar cada jornada de diálisis, se hizo circular agua Milli-Q por ambas caras de la membrana durante alrededor de 10 minutos para limpiar el sistema.

5.3. Métodos analíticos

Todas las analíticas químicas descritas a continuación fueron realizadas en el laboratorio de investigación del Grupo ENOBIOTEC de la ETSIIAA.

Los análisis se han realizado por duplicado, tanto al vino blanco y tinto testigos, como al vino blanco y tinto desalcoholizados. Y se realizaron sobre muestras previamente homogeneizadas, para evitar diferencias posibles en las distintas sesiones de filtración. Las analíticas realizadas a estos vinos han sido:

- ❖ pH con pH-metro.
- ❖ Acidez total por el método potenciométrico.
- ❖ Grado alcohólico por ebulloimetría.
- ❖ Acidez volátil por el método García Tena.
- ❖ Sulfuroso libre y total por el método Ripper sencillo.
- ❖ Índice de polifenoles totales (IPT) por el método del índice ultravioleta.
- ❖ Color por el método Glories.

Todos los métodos utilizados son descritos por la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV, 2023).

5.4. Determinación de aromas

Se ha realizado una cromatografía de gases al vino blanco testigo y desalcoholizado, así como al vino tinto testigo y desalcoholizado, en el Laboratorio de Técnicas Instrumentales (LTI) de la Universidad de Valladolid (UVA). Las condiciones que se han utilizado para realizar las cromatografías son las siguientes:

-Condiciones en el HS-SPME:

- Condiciones de pretratamiento de la muestra antes de la extracción: (250 rpm, 40 °C, 15 min).
- Extracción de los volátiles: exposición de la fibra en el espacio de cabeza del vial 30 min, 250 rpm, 40 °C.
- Desorción en el inyector del GC durante 15 min a 250 °C.
- Fibras: SPME Fiber Assembly 50/30µm DVB/CAR/PDMS Stableflex (2 cm) 23Ga, Autosampler (Gray-Notched) (Part. Number 57299-U SUPELCO).

-Condiciones en la CG:

- Columna: HP-INNOWAX (60 m, 0.250 mm, 0.5 µm) (J &W Scientific, Folsom, CA, USA).
- Presión: 22.413 psi.
- Flujo: 1.2 ml/min.
- Velocidad promedio: 22.901 cm/seg.
- Tiempo de retención: 4.3667 min.

El equipo de cromatografía determinó las áreas correspondientes a cada pico (característico de un determinado compuesto). Estas áreas resultantes se han referenciado a las áreas obtenidas para el 2-octanol que ha sido utilizado como patrón interno.

5.5. Análisis sensorial

Se han realizado catas abiertas al público en general sin exigencia de formación previa en análisis sensorial, es decir, con consumidores. Han sido realizadas de forma individual durante dos días en las instalaciones de la ETSIIAA. Se ha utilizado la sala de catas de la Escuela que cumple la normativa de la Organización Internacional de Normalización (ISO) 8589:2010. También, los catavinos empleados cumplen con la normativa ISO 87022:1992.

Se han tomado los datos de las pruebas de cata realizadas de forma online utilizando una encuesta propia de Google Forms cuyos resultados son exportados de forma automática a formato Excel (Microsoft Office Professional Plus 2016).

❖ Prueba triangular

Se ha diseñado esta prueba siguiendo la norma ISO 4120:2021. Este método permite ver si existen diferencias perceptibles o no entre las muestras a analizar y se puede aplicar cuando las muestras son homogéneas. Consiste en suministrar a los jueces tres muestras, de las cuales dos son iguales y una es diferente, de forma que el juez tiene que señalar cuál de las muestras es la diferente incluso si se basa en una suposición, es decir, es una prueba de juicio forzado.

❖ CATA (*Check-All-That-Apply*)

La técnica *Check-All-That-Apply* (CATA) consiste en marcar aquellos descriptores que mejor definen cada muestra, de una lista de descriptores dados, eliminando los sesgos que se obtienen con respuestas abiertas. Esta metodología es eficiente para discriminar y caracterizar un conjunto de productos. Además, se ha añadido una opción de comentario libre para que los catadores anoten descriptores diferentes a los que pueden seleccionar (Mahieu, 2020).

Los descriptores utilizados para caracterizar el vino blanco, elegidos en base a trabajos previos (Mahieu, 2020; Carracedo, 2021; ISO 5492, 2008), fueron los siguientes:

- Limpio (no está turbio ni tiene partículas en suspensión).
- Color intenso.
- Con volumen en boca (vino con cuerpo, carnoso, que llena la boca).
- Amargo (lo notamos en la parte posterior de la lengua: cafeína...).
- Ácido (lo detectamos en los laterales de la lengua: limón, manzana ácida...).
- Afrutado (manzana, pera...).
- Cítrico (limón, naranja...).
- Tropical (piña, melón, maracuyá...).
- Herbáceo (pimiento verde, hierba, verde...).
- Balsámico (pino, eucalipto...).
- Reducido (aromas desagradables: huevo podrido, col...).
- Anisado.
- Aromático (con intensidad aromática).
- Persistente (bebes y te dura el gusto a vino en boca).
- Oxidado (defecto: manzana asada, ajerezado).
- Me gusta.
- No me gusta.

Los descriptores utilizados para caracterizar el vino tinto fueron los siguientes, y también se seleccionaron en base a la bibliografía (Mahieu, 2020; Ludeña, 2022; ISO 5492, 2008):

- Limpio (no está turbio ni tiene partículas en suspensión).
- Color intenso.
- Con volumen en boca (vino con cuerpo, carnoso, que llena la boca).
- Amargo (lo notamos en la parte posterior de la lengua: cafeína...).
- Ácido (lo detectamos en los laterales de la lengua: limón, manzana ácida...).
- Afrutado (fresa, frambuesa...).
- Herbáceo (vegetal, verde, hierba...).
- Alcohólico (notas el alcohol).
- Reducido (aromas desagradables: huevo podrido, col...).
- Astringente (sensación de sequedad y aspereza en el paladar).
- Aromático.
- Persistente (aromas desagradables: huevo podrido, col...).
- Me gusta.
- No me gusta.

❖ Prueba de aceptabilidad global

Se ha utilizado una escala hedónica de 9 puntos para estudiar la aceptabilidad global de los vinos entre los catadores (Ludeña, 2022; Carracedo, 2021; Lim, 2011).

Los números de la escala corresponden a:

- 1) Me disgusta muchísimo.
- 2) Me disgusta mucho.
- 3) Me disgusta moderadamente.
- 4) Me disgusta poco.
- 5) Ni me gusta ni me disgusta.
- 6) Me gusta poco.
- 7) Me gusta moderadamente.
- 8) Me gusta mucho.
- 9) Me gusta muchísimo.

5.6. Análisis estadístico

Se han utilizado los programas comerciales Excel (Microsoft Office Professional Plus 2016), IBM SPSS Statistics 26.0 y Statgraphics Centurion 19.

El tratamiento estadístico de los análisis químicos se ha realizado utilizando análisis de varianza (ANOVA) para comprobar si existen o no diferencias significativas entre el vino tratado y sin tratar, además del Test de Tukey ($p < 0,05$) como prueba de comparación de medias, utilizando el programa IBM SPSS Statistics 26.0.

Para el análisis estadístico de los compuestos aromáticos, se han ordenado los compuestos comunes en los vinos control y filtrado, se ha calculado la media y desviación típica con ayuda de Excel (Microsoft Office Professional Plus 2016) y un análisis de varianza (ANOVA) para el vino tratado y sin tratar, así como el Test de Tukey ($p < 0,05$) utilizando el programa Statgraphics Centurion 19.

Los resultados de la prueba triangular se calcularon siguiendo la norma ISO 4120:2021. La prueba CATA se analizó mediante el test Q de Cochran para comprobar si existen o no diferencias estadísticamente significativas entre el vino tratado y sin tratar, utilizando el programa IBM SPSS Statistics 26.0. Por otro lado, se ha realizado un análisis de varianza (ANOVA) en la prueba de aceptabilidad global y el Test de Tukey ($p < 0,05$), y

se calculó la media y la desviación típica utilizando el programa Statgraphics Centurion 19 para vino blanco y tinto.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Resultados de la desalcoholización

La diálisis se ha realizado utilizando el equipo comentado en la figura 1. En la figura 3, podemos observar el sistema durante su funcionamiento, tanto en la filtración del vino blanco (izquierda) como con el vino tinto (derecha). Se utilizó Parafilm para cerrar ambos matraces intentando reducir la oxigenación del vino. Durante el proceso de cebado del equipo necesario para lograr una filtración regular, no se puede evitar cierta oxigenación parcial.

Por otro lado, se observó que el matraz de la fase acuosa se encuentra ligeramente teñido de color rosáceo/rojo al cabo de las 8 h de filtración del vino tinto como se puede comprobar en la figura 4. Este fenómeno, que no se observaba a simple vista para los vinos blancos, podemos atribuirlo al paso de los antocianos del vino tinto a través de la membrana tintando el agua y la membrana.



Figura 3 - Imagen del equipo de diálisis funcionando para vino blanco (izquierda) y vino tinto (derecha). (Fuente propia)

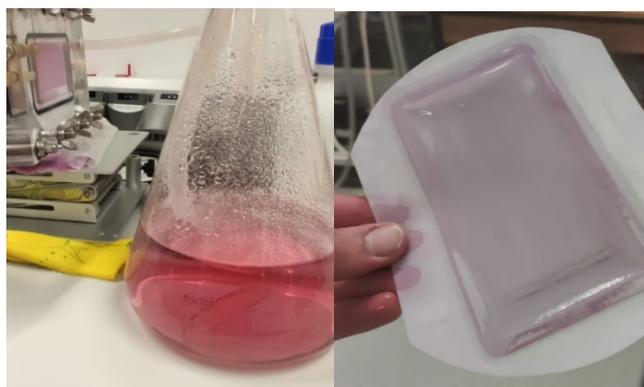


Figura 4 - Agua Milli-Q tras las 8h de diálisis con vino tinto (izquierda) y membrana después de la diálisis del vino tinto (derecha). (Fuente propia)

6.2. Análisis químico

❖ Vino blanco

Tabla 1 - Valor medio \pm desviación típica de las analíticas del vino blanco. (Fuente propia)

Análisis químico	Vino blanco control	Vino blanco filtrado
pH	3,30 \pm 0,28 ^a	3,26 \pm 0,00 ^a
Acidez total (g/L TH2)	4,9 \pm 0,1 ^b	4,4 \pm 0,0 ^a
Grado alcohólico (% vol.)	13,20 \pm 0,28 ^b	11,80 \pm 0,00 ^a
Acidez volátil (g/L ácido acético)	0,74 \pm 0,14 ^a	0,69 \pm 0,01 ^a
SO ₂ L (mg/L)	64 \pm 0 ^a	61 \pm 4 ^a
SO ₂ T (mg/L)	142 \pm 9,19 ^a	113 \pm 4 ^a
Índice de polifenoles totales (IPT)	5 \pm 0 ^a	5 \pm 0 ^a
Intensidad de color (UA)	0.055 \pm 0,000 ^b	0.049 \pm 0,000 ^a

Letras distintas indican que existen diferencias significativas estadísticamente entre las muestras con un $p < 0,05$ según el Test de Tukey. UA: Unidades de absorbancia

La tabla 1 muestra los resultados del estudio estadístico de los análisis químicos de la muestra de vino blanco testigo y tratado por diálisis. Se puede ver cómo hay diferencias significativas en la acidez total, grado alcohólico e intensidad de color. En primer lugar, se consigue el objetivo del proceso al lograr una reducción de 1,40 % en el contenido alcohólico del vino (reducción que corresponde a un 10,60 % del valor original, por lo tanto, aceptable según la normativa OIV).

En cuanto al resto de parámetros analizados, se pueden comparar estos resultados con el estudio realizado por Carracedo (2021), tabla 2, en el que se trató vino blanco procedente de otra añada con el mismo equipo, membrana y tiempo de filtración. En ese estudio, se observaron diferencias significativas en pH, acidez total, grado alcohólico e IPT.

Analizando esas diferencias, punto por punto se puede ver:

- La acidez total del vino parcialmente desalcoholizado en este estudio se ha visto reducida en 0,50 g/L aproximadamente sin que esto se haya visto reflejado significativamente en el pH. En el estudio de Carracedo (2021), la disminución de la acidez total fue similar (0,40 g/L aproximadamente), aunque en este caso viéndose modificado ligeramente el pH.
- El grado alcohólico ha disminuido 1,40 % aproximadamente tras el tratamiento de este trabajo. Mientras que el grado alcohólico del vino sometido a diálisis por Carracedo (2021) bajó 1,20 %. El que la bajada del grado alcohólico en este estudio haya sido superior puede ser debido seguramente a que la diálisis pueda funcionar mejor al partir un vino con un mayor grado alcohólico al del estudio con el que se está comparando.
- La cantidad de sulfuroso libre y total no ha sufrido variaciones significativas en los vinos tratados en este trabajo ni en el trabajo de Carracedo (2021). Al igual que la acidez volátil.
- El índice de polifenoles totales no se ha visto modificado en este estudio, por otro lado, el vino parcialmente desalcoholizado por Carracedo (2021) tuvo una bajada estadísticamente significativa de una unidad en la cantidad de polifenoles totales. Esa bajada pudo ser debida a que estos fenoles pasaran a través de la membrana (Sam *et al.*, 2021; Calvo *et al.*, 2022).

- La intensidad de color del vino tratado ha disminuido significativamente 0,005 UA aproximadamente. La intensidad de color en el estudio con el que se está comparando, también tuvo una bajada de color, pero no hubo diferencias significativas estadísticamente. Esta bajada de color podría ser debida al paso de polifenoles oxidados de color pardo a través de la membrana. Ambos vinos blancos sometidos a diálisis no presentan oxidaciones que se reflejen en el color. (Calvo *et al.*, 2022)

Tabla 2 - Valor medio \pm desviación típica de las analíticas del vino blanco de Carracedo. (2021)

Análisis químico	Vino blanco control Carracedo	Vino blanco filtrado Carracedo
pH	3,24 \pm 0,02 ^b	3,04 \pm 0,01 ^a
Acidez total (g/L TH2)	4,60 \pm 0,06 ^b	4,2 \pm 0,00 ^a
Grado alcohólico (% vol.)	9,90 \pm 0,00 ^b	8,70 \pm 0,00 ^a
Acidez volátil (g/L ácido acético)	0,34 \pm 0,01 ^a	0,30 \pm 0,02 ^a
SO ₂ L (mg/L)	43 \pm 2 ^a	29 \pm 6 ^a
SO ₂ T (mg/L)	98 \pm 21 ^a	103 \pm 4 ^a
Índice de polifenoles totales (IPT)	5 \pm 0 ^b	4 \pm 0 ^a
Intensidad de color (UA)	0,094 \pm 0,002 ^a	0,084 \pm 0,003 ^a

Letras distintas indican que existen diferencias significativas estadísticamente entre las muestras con un p < 0,05 según el Test de Tukey. UA: Unidades de absorbancia

❖ Vino tinto

Tabla 3 - Valor medio \pm desviación típica de las analíticas del vino tinto. (Fuente propia)

Análisis químico	Vino tinto control	Vino tinto filtrado
pH	3,76 \pm 0,02 ^a	3,77 \pm 0,06 ^a
Acidez Total (g/L TH2)	3,7 \pm 0,0 ^a	3,6 \pm 0,1 ^a
Grado alcohólico (% vol.)	13,20 \pm 0,00 ^b	11,50 \pm 0,00 ^a
Acidez volátil (g/L ácido acético)	0,05 \pm 0,00 ^a	0,04 \pm 0,00 ^a
SO ₂ L (mg/L)	30 \pm 4 ^a	26 \pm 3 ^a
SO ₂ T (mg/L)	42 \pm 1 ^a	45 \pm 6 ^a
Índice de polifenoles totales (IPT)	46 \pm 1 ^b	42 \pm 1 ^a
Intensidad de color (UA)	9,265 \pm 0,064 ^a	9,060 \pm 0,170 ^a
Absorbancia 420 (UA)	3,000 \pm 0,014 ^a	2,870 \pm 0,070 ^a
Absorbancia 520 (UA)	5,300 \pm 0,028 ^a	5,210 \pm 0,085 ^a
Absorbancia 620 (UA)	0,965 \pm 0,021 ^a	0,965 \pm 0,024 ^a

Letras distintas indican que existen diferencias significativas estadísticamente entre las muestras con un p < 0,05 según el Test de Tukey. UA: Unidades de absorbancia

La tabla 3 muestra la media y desviación típica de los análisis químicos de la muestra de vino tinto testigo y tratado por diálisis. Se puede ver que hay diferencias significativas estadísticamente en las analíticas de grado alcohólico e índice de polifenoles totales.

En el caso del vino tinto, podemos comparar los resultados obtenidos en este trabajo con el realizado por Ludeña el año 2022. Así, cuando se realizó la prueba ANOVA a los vinos control y tratados en el trabajo realizado por Ludeña (2022) con el mismo equipo,

membrana y tiempo, se encontraron diferencias significativas en pH, acidez total, acidez volátil, grado alcohólico, sulfuroso libre, sulfuroso total e índice de polifenoles totales. En general (ver tabla 4), se observan diferencias estadísticamente significativas mayores y en más parámetros en el estudio de Ludeña (2022), esto puede ser debido posiblemente a que el vino utilizado en aquel trabajo presentaba de partida una cantidad relativamente baja de alcohol (8,90 %), de hecho, bastante baja tratándose de un vino tinto de la zona, vinos caracterizados por contenidos en alcohol superiores al 10 %. Esta baja concentración de partida del vino ha podido provocar que el paso de otros compuestos no deseados distintos del etanol, aunque pequeño en general, influya más en los resultados finales tras el filtrado, lo cual no es tan influyente en el vino tratado en el presente estudio.

Igualmente se pueden comentar punto por punto estas diferencias:

- La acidez total, volátil y pH no se ven significativamente modificados después de la diálisis del vino parcialmente desalcoholizado en el presente estudio. Por otro lado, el vino tratado por Ludeña (2022) sí se vio significativamente modificados su pH, acidez total y acidez volátil, ya que los tres valores bajaban.
- El grado alcohólico del vino parcialmente desalcoholizado en este estudio ha disminuido 1,70 % después del tratamiento (en este caso la reducción observada corresponde a un 12,90 % del valor original, por lo tanto, igualmente aceptable según la normativa OIV). En cambio, el vino tratado por Ludeña (2022) ha disminuido en 1,40 %. De nuevo, parece probable que la concentración inicial de alcohol pueda jugar un papel importante en la eficacia de la diálisis como método de desalcoholización parcial, logrando mayores disminuciones en los vinos con mayor grado alcohólico.
- El sulfuroso libre y total no se ven significativamente modificados en los vinos tratados en este trabajo. En cambio, sí hay una reducción significativa en los niveles de sulfuroso libre y total en el estudio de Ludeña (2022). Este compuesto volátil puede que haya disminuido más debido a su paso por la membrana, aunque este hallazgo también puede deberse a un mal sellado del equipo y a la alta volatilidad de este analito (Sam *et al.*, 2021; Calvo *et al.*, 2022).
- El IPT del vino parcialmente desalcoholizado en este estudio se ve significativamente reducido, en 4 unidades. Esto puede ser debido al paso de polifenoles por la membrana, como los antocianos que se observaban en la figura 5. En el caso de Ludeña (2022), la bajada de IPT es también de 4. Habría que estudiar estas bajadas de IPT en otros vinos tintos para comprobar si con esta membrana y estos tiempos la bajada es siempre del mismo orden, aunque parece claro que siempre es superior a la observada con vinos blancos, cuyo bajo IPT de partida hace que la reducción sea prácticamente inapreciable.
- El índice de color del vino estudiado en el presente trabajo, no se ve significativamente modificado al igual que en el trabajo de Ludeña (2022), por lo tanto, la bajada de IPT y el color rojizo del agua mili-Q no ha implicado una bajada en el color del vino.

Tabla 4 - Valor medio \pm desviación típica de las analíticas del vino tinto del año 2022. (Ludeña, 2022)

Análisis químico	Vino tinto control Ludeña	Vino tinto filtrado Ludeña
pH	3,68 \pm 0,00 ^b	3,65 \pm 0,01 ^a
Acidez total (g/L TH2)	4,6 \pm 0,0 ^b	4,0 \pm 0,0 ^a
Grado alcohólico (% vol.)	8,90 \pm 0,01 ^b	7,50 \pm 0,00 ^a
Acidez volátil (g/L ácido acético)	0,26 \pm 0,00 ^b	0,21 \pm 0,00 ^a
SO ₂ L (mg/L)	13 \pm 0 ^b	10 \pm 0 ^a

SO ₂ T (mg/L)	59 ± 1 ^b	32 ± 0 ^a
Índice de polifenoles totales (IPT)	31 ± 0 ^b	27 ± 0 ^a
Intensidad de color (UA)	7,180 ± 0,030 ^a	7,050 ± 0,040 ^a

Letras distintas indican que existen diferencias significativas estadísticamente entre las muestras con un $p < 0,05$ según el Test de Tukey. UA: Unidades de absorbancia

❖ Comparación del proceso en vinos blancos y tintos

Tabla 5 - Comparación del análisis químico tras la diálisis del vino blanco y tinto del presente estudio y estudios anteriores. (Carracedo, 2021; Ludeña, 2022)

Análisis químico	Vino blanco	Vino blanco Carracedo (2021)	Vino tinto	Vino tinto Ludeña (2022)
pH	Desciende	Desciende	-	Desciende
Acidez total (g/L TH2)	Desciende	Desciende	-	Desciende
Grado alcohólico (% vol.)	Desciende	Desciende	Desciende	Desciende
Acidez volátil (g/L ácido acético)	-	-	-	Desciende
SO ₂ L (mg/L)	-	-	-	Desciende
SO ₂ T (mg/L)	-	-	-	Desciende
Índice de polifenoles totales (IPT)	-	Desciende	Desciende	Desciende
Intensidad de color (UA)	Desciende	-	-	-

UA: Unidades de absorbancia

En la tabla 5 se resume la comparación entre este estudio y los dos previos realizados por Carracedo (2021) y Ludeña (2022). Como resumen muy somero de esta comparación, queda confirmado que la diálisis, utilizando la membrana PLGC Ultracel durante ocho horas, consigue reducir eficazmente la cantidad de alcohol presente en el vino dializado, principal objetivo de este trabajo, así como de los estudios previos. El grado alcohólico de los vinos blancos ha disminuido 1,40 % en el vino blanco tratado en este estudio y 1,20 % en el estudio de Carracedo (2021). En cambio, ha disminuido 1,70 % en el vino tinto de este estudio y 1,40 % en el estudio de Ludeña (2022).

Por otro lado, no se puede confirmar que en todos los casos la diálisis afecte por igual en los otros parámetros analíticos de los vinos. Se puede observar que el pH, acidez total e IPT se reducen en tres de los cuatro casos, por lo que es probable que la diálisis afecte a estos parámetros. Cabe suponer que las diferencias encontradas entre este estudio y otros previos en condiciones similares, puedan radicar en las propias diferencias de los vinos de partida. El vino es un producto vivo y que, consecuentemente, es muy difícil que vinos experimentales de dos añadas presenten exactamente los mismos parámetros químicos y la misma presencia de todos sus componentes importantes. Esto sólo se consigue en vinos comerciales bajo muy estrictas condiciones de elaboración supervisada.

Es curioso que los vinos que sufren una bajada en la acidez total también tienen una bajada del pH. Esto es algo anómalo debido a que cuanto más bajo es el pH de un vino, más ácido es este. Habría que hacer un estudio más profundo para encontrar la explicación a este comportamiento anómalo del vino.

6.3. Comparación aromas

A partir de los datos cromatográficos obtenidos para todas las muestras, se ha procedido a la identificación de los principales aromas presentes en dichas muestras. Posteriormente, se ha obtenido la media y la desviación típica de las repeticiones de cada compuesto. Cuando solo aparecía el compuesto en una de las repeticiones, se ha puesto el valor sin desviación típica.

❖ Vino blanco

Tabla 6 - Media y desviación típica de los compuestos que aparecen en el vino blanco control y que no aparecen en el vino blanco filtrado. (Fuente propia)

Compuesto químico	Vino blanco control (µg/L)
2,4,4-Trimetil-3-(3-metilbutil)ciclohex-2-enona	12,6 ± 0,9
1-(2,3,4-Trimetilfenil) Etanona	6,3 ± 2,4
Octanoato de 2-metilbutilo	14,0 ± 4,5
Acetato de 4-hexen-1-ol	4,5
Succinato de etilo isopentil	1,3
(1-Hidroxi-2,4,4-trimetilpentan-3-il) 2-metilpropanoato	3,3
Ácido mirístico	2,4
Etanol 2-(Dodeciloxi)	1,1
Texanol	8,2 ± 1,2
Fenilmetanol	3,7
Benzotiazol	1,9
Tolueno	15,3
Éter difenilo	2,8 ± 0,2
1,1,6-Trimetil-1,2-dihidronaftaleno	2,5 ± 0,6

Tabla 7 - Media y desviación típica de los compuestos que aparecen en el vino blanco filtrado y que no aparecen en el vino blanco control. (Fuente propia)

Compuesto químico	Vino blanco filtrado (µg/L)
1-Decanol	7,8 ± 1,5
1,3-Butanodiol	20,4
Isobutanol	54,2
cis-3-Hexen-1-ol	2,8
2-Fenoxietanol	2,5
Ciclopropilmetanol	2,4
1,8-Diazacicotetradecano-2,7-diona	14,9
2,4,4-Trimetil-3-(3-metilbutil)ciclohex-2-enona	12,4 ± 3,6
4-Isopropilacetofenona	8,5 ± 3,4

Azaciclotridecan-2-ona	10,9
Diacetato de 1,4-butanodiol	2,0
Acetato de nerilo	4,7
Acetato de heptilo	4,8 ± 4,1
Acetato de pentilo	3,2 ± 1,1
Acetato de propilo	3,1
Octanoato de 3-metilbutilo	32,6 ± 6,3
Acetato de octilo	10,3 ± 2,0
Decanoato de propilo	6,6 ± 1,6
Succinato de dietilo	11,7 ± 10,3
Decanoato de metilo	3,9 ± 1,2
4-Hidroxibutanoato de etilo	5,8
Trans-4-decenoato de etilo	5,1 ± 0,8
Ácido valérico	13,1 ± 5,4
Ácido butanoico	7,6 ± 1,7
Ácido cis-5-dodecenoico	6,5 ± 2,1
Ácido dodecanoico	58,8
Ácido heptanoico	3,4
Ácido 2-etilhexanoico	7,0
Ácido palmítico	11,7
Ácido hexanodioico	298,9
4-Nitroftalamida	39,4 ± 0,6
Naftaleno	6,4 ± 1,4
1-Metilnaftaleno	7,4 ± 7,4
Benzociclobuteno	9,3
Fenilacetato de citronelil	4,1 ± 0,8

Tabla 8 - Media y desviación típica de los compuestos aromáticos que presentan diferencias estadísticamente significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$) para vino blanco control y filtrado. (Fuente propia)

Compuesto químico	Vino blanco control (µg/L)	Vino blanco filtrado (µg/L)
3-metil-1-pentanol	2,9 ^b	1,4 ± 0,1 ^a
Trans-3-Hexen-1-ol	3,8 ^b	2,4 ± 0,0 ^a
2,4-Di-terc-butilfenol	2,9 ± 1,1 ^a	7,1 ± 0,7 ^b
Octanoato de etilo	7.618,4 ± 1.465,3 ^b	2.825,8 ± 211,8 ^a
Dodecanoato de etilo	344,6 ± 52,0 ^b	83,1 ± 26,5 ^a
Miristato de isopropilo	5,3 ^b	2,6 ^a
Decanoato de etilo	3.976,8 ± 780,2 ^b	985,1 ± 157,6 ^a
Hexanoato de etilo	1.687,6 ± 418,9 ^b	263,5 ± 2,4 ^a
Heptadecanoato de etilo	4,0 ^b	2,3 ± 0,4 ^a
Acetato de hexilo	444,5 ± 123,0 ^b	41,7 ± 3,8 ^a
Decanoato de isoamilo	12,9 ± 1,7 ^b	4,0 ± 0,7 ^a
Benzoato de etilo	3,7 ± 0,2 ^b	2,2 ± 0,1 ^a
2-Octanona	2,4 ± 0,1 ^b	1,9 ± 0,1 ^a

Bencilimina

12,1 ± 1,9^b5,1^a

Letras distintas indican que existen diferencias significativas estadísticamente entre las muestras con un $p < 0,05$ según el Test de Tukey

Las tablas 6 y 7 muestran los compuestos químicos que únicamente aparecen en el vino blanco testigo y filtrado respectivamente. Cabe mencionar que la mayor parte de estos compuestos se encuentran en bajas concentraciones y/o únicamente han aparecido en una de las repeticiones. Sería interesante destacar ciertos compuestos de estas tablas debido a su concentración algo más elevada. Algunos de los compuestos que no aparecen en el vino filtrado serían cetonas con baja influencia en el aroma del vino; ésteres, como el Octanoato de 2-metilbutilo, asociados a aromas frutales y florales; alcoholes como el Texanol, asociados a olores desagradables y punzantes; derivados de anillos aromáticos asociados habitualmente a aromas florales; y el 1,6-Trimetil-1,2-dihidronaftaleno es un derivado del C13-norisoprenoide con aroma a queroseno. Los compuestos que solo aparecerían en el filtrado serían algunos alcoholes con olores desagradables y punzantes a excepción del cis-3-Hexen-1-ol con aroma herbáceo y 2-Fenoxietano y Ciclopropilmetanol con aromas florales; cetonas con poca influencia en el aroma final del vino; ésteres a los que se atribuye aromas frutales y florales; ácidos con ciertos aromas a mantequilla y cera, aunque el ácido cis-5-dodecenoico tiene aroma a nuez; y derivados de compuestos con anillo aromático que suelen presentar olores desagradables, a excepción del Fenilacetato de citronelil que tiene aroma a rosas. El ácido hexanodioico que presenta una concentración bastante notable en comparación con las de otros compuestos (298,9 µg/L) deriva de los plásticos, por lo que se detecta aquí probablemente proviene de la goma utilizada en la conducción de este durante la diálisis (González, 2015; National Center for Biotechnology Information, 2023; Hidalgo, 2019; Ribereau-Gayon, 2020).

Los compuestos aromáticos cuyas concentraciones en vino blanco testigo y dializado han presentado diferencias estadísticamente significativas se presentan en la tabla 8. Los tres primeros compuestos son alcoholes que suelen estar asociados a olores desagradables y punzantes. La concentración de estos alcoholes disminuye en el vino dializado a excepción del 2,4-Di-terc-butilfenol que típicamente se encuentra en plásticos y resinas, y probablemente aumente en el vino filtrado por las mangueras utilizadas. Los nueve compuestos siguientes son ésteres asociados a aromas frutales y florales, y aparecen en menor concentración en el vino filtrado. La 2-octanona, asociada con el aroma a manzana, también se encuentra en menor concentración en el vino filtrado. La bencilimina es una amina que suele tener ciertos aromas a amoníaco. (González, 2015; National Center for Biotechnology Information, 2023; Hidalgo, 2019; Ribereau-Gayon, 2020).

Finalmente, señalar que aquellos compuestos que presentan una reducción más acusada tras la diálisis son los que se encuentran en altas concentraciones en el vino de partida. Mientras que los aromas que aparecen más residualmente en el vino testigo presentan reducciones mucho menos acusadas.

❖ Vino tinto

Tabla 9 - Media y desviación típica de los compuestos que aparecen en el vino tinto control y que no aparecen en el vino tinto filtrado. (Fuente propia)

Compuesto químico	Vino tinto control (µg/L)
Bifenilo	2,3 ± 0,2
1,2-15,16-Diepoxihexadecano	2,5
Dodecil metacrilato	5,6
Éter cetil glicidílico	1,8 ± 0,8

1-Decanol	8,8 ± 1,4
2,4-Di-terc-butilfenol	4,3 ± 1,5
3-Hexen-1-ol	1,5 ± 0,0
Gamma-undecalactona	2,8
Ethanona, 1-(2,3-dihidro-1H-inden-5-il)-	1,4
Benzaldehido	17,9
Benzoato de etilo	1,9 ± 1,1
Isovalerato de etilo	2,1 ± 0,0
Ftalato de dibutilo	6,9 ± 4,2
4-Hidroxibutanoato de etilo	3,8 ± 1,7
Oleato de etilo	12,9
2-Dodecanoato de metilbutilo	4,0 ± 1,8
Lactato de etilo	34,8 ± 6,9
3-hidroxitridecanoato de etilo	5,8 ± 0,4
Naftaleno	2,4 ± 0,2
Cariofileno	1,5

Tabla 10 - Media y desviación típica de los compuestos que aparecen en el vino tinto filtrado y que no aparecen en el vino tinto control. (Fuente propia)

Compuesto químico	Vino tinto filtrado (µg/L)
1H-Indeno, octahidro-2,2,4,4,7,7-hexametil-, trans-	10,5
1H-Indeno, 2,3,3a,4,7,7a-hexahidro-2,2,4,4,7,7-hexametil-, trans-	2,2
Linalol	8,5 ± 2,7
4-Metil-1-pentanol	1,6 ± 0,2
3-Ethoxy-1-propanol	1,6 ± 0,1
trans-3-Hexen-1-ol	1,1 ± 0,1
4-Nonilfenol	1,7 ± 0,2
Texanol	4,3 ± 0,4
Diacetilo	3,3
2',4'-Dimetilacetofenona	1,0
2-Dodecenal	3,3
Acetaldehido	9,2
Isotiocianato de benzoilo	10,5 ± 1,2
Decanoato de octilo	1,4
3-Hidroxiocetanoato de etilo	1,0 ± 0,1
3-Hidroxipentanoato de etilo	2,3
2-Heptyl-1,3-dioxepane	1,0
Ácido 4-clorobutírico -	4,2
Ácido 4-hidroxibutanoico	3,0
Ácido tiosulfúrico (H ₂ S ₂ O ₃), éster S-(2-aminoetilo)	3,2
Ácido dimetilmalónico	1,4

Tabla 11 - Media y desviación típica de los compuestos aromáticos que presentan diferencias estadísticamente significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$) para vino tinto control y filtrado. (Fuente propia)

Compuesto	Vino tinto control ($\mu\text{g/L}$)	Vino tinto filtrado ($\mu\text{g/L}$)
Éster isopentílico del ácido 3-metilpentanoico	13,7 ^b	3,4 ^a
Acetato de fenetilo	35,5 \pm 0,1 ^a	60,2 \pm 6,6 ^b
Butirato de etilo	16,3 \pm 1,5 ^b	3,2 \pm 3,2 ^a
Heptanoato de etilo	6,4 \pm 0,3 ^b	3,8 ^a
Octanoato de etilo	2.098,2 \pm 70,2 ^b	1.204,0 \pm 111,4 ^a
Dodecanoato de etilo	250,2 \pm 27,5 ^b	77,9 \pm 42,5 ^a
Acetato de isobutilo	2,2 \pm 0,1 ^b	1,1 \pm 0,1 ^a
Decanoato de etilo	1.380,1 \pm 52,1 ^b	608,0 \pm 157,7 ^a
Succinato de dietilo	580,1 \pm 29,2 ^b	407,9 \pm 23,9 ^a
Nonanoato de etilo	268,6 \pm 33,4 ^b	26,8 \pm 8,7 ^a
Hexanoato de etilo	472,1 \pm 17,0 ^b	150,9 \pm 6,1 ^a
Acetato de isoamilo	311,3 \pm 10,0 ^b	102,4 \pm 0,2 ^a
Tetradecanoato de etilo	147,5 \pm 21,5 ^b	61,4 \pm 17,6 ^a
Heptadecanoato de etilo	10,3 \pm 0,6 ^b	2,6 ^a
Acetato de etilo	189,1 \pm 7,3 ^b	114,0 \pm 3,0 ^a
Acetato de hexilo	20,9 \pm 2,0 ^b	9,8 \pm 0,4 ^a
Octanoato de 3-metilbutilo	20,8 \pm 1,4 ^b	8,2 \pm 2,2 ^a
Hexanoato de 2-metilbutilo	14,0 ^b	2,5 ^a
Propionato de 2-etilhexil	1,4 ^b	0,6 ^a
Pentadecanoato de etilo	19,4 \pm 0,7 ^b	6,0 \pm 1,9 ^a
9-hexadecenoato de etilo	20,7 \pm 1,2 ^b	4,9 \pm 2,5 ^a
Undecanoato de etilo	15,9 \pm 2,9 ^b	6,3 \pm 0,5 ^a
Palmitato de etilo	663,0 \pm 147,7 ^b	2,5 \pm 0,6 ^a
Undecanoato de etilo	2,9 \pm 0,1 ^b	1,5 \pm 0,3 ^a
Alcohol bencílico	7,5 \pm 0,2 ^b	4,9 \pm 0,3 ^a
Alcohol isoamílico	1.711,2 \pm 60,2 ^b	1.243,2 \pm 28,0 ^a
Fenol	4,43200 \pm 0,49821 ^b	2,8 \pm 0,2 ^a
1-Hexanol	157,7 \pm 3,3 ^b	123,6 \pm 1,4 ^a
1-Heptanol	8,0 \pm 0,0 ^b	5,3 \pm 0,6 ^a
1-Nonanol	24,7 \pm 1,7 ^b	6,7 \pm 0,2 ^a
2-(2-feniletinil)hexadecano-1,2-diol	5,8 ^b	2,7 ^a
2,4-ditert-butilfenol	4,3 \pm 1,5 ^a	10,1 \pm 0,6 ^b
2-Feniletanol	1.164,9 \pm 111,3 ^b	770,0 \pm 56,3 ^a
Naftaleno	2,4 \pm 0,2 ^b	1,0 \pm 0,1 ^a
1,3-Diacetilbenceno	5,9 ^b	2,4 \pm 0,2 ^a
Tolueno	12,3 \pm 0,5 ^b	7,6 \pm 0,8 ^a
Damascenona	5,2 \pm 0,7 ^b	2,2 \pm 0,5 ^a
1-(3,4-dimetilfenil)etanona	2,9 ^b	1,4 ^a
Ácido benzoico	4.711,9 \pm 303,3 ^b	2.592,1 \pm 46,2 ^a
Ácido butanodioico	48,6 \pm 0,4 ^b	29,3 \pm 4,4 ^a

Éter de difenilo	4,9 ^b	1,9 ± 0,2 ^a
4-Nitroftalamida	57,6 ± 5,4 ^b	34,4 ± 2,4 ^a

Letras distintas indican que existen diferencias significativas estadísticamente entre las muestras con un $p < 0,05$ según el Test de Tukey

Las tablas 9 y 10 hacen referencia a los compuestos que aparecen únicamente en la cromatografía de gases del vino tinto control y dializado respectivamente. Cabe destacar que la mayoría de los compuestos que aparecen en estas tablas tienen una concentración baja y/o solo aparecen en una de las dos repeticiones. Entre los compuestos que únicamente aparecen en el tinto control destacan alcoholes que suelen tener olores desagradables y punzantes, a excepción del 3-Hexen-1-ol que presenta aromas herbáceos; la Gamma-undecalactona presenta aroma frutal; el benzaldehído presenta un aroma a almendra amarga; ésteres que suelen estar asociados a aromas frutales y florales; el naftaleno que presenta olor desagradable y el cariofileno que presenta aroma a clavo. Entre los aromas que únicamente aparecen en el vino tinto dializado destacan terpenos que están asociados a aromas florales como el olor a rosa del linalol; alcoholes habitualmente asociados a aromas punzantes y desagradables, a excepción del trans-3-Hexen-1-ol asociado a aromas herbáceos y el 4-nonilfenol es un fenol; el diacetilo es una cetona que presenta aromas a mantequilla; aldehídos que suelen aparecer cuando se empieza a oxidar un vino, presentan aromas desagradables que dan defectos de vino ajerezado cuando están en grandes cantidades; el benzoilo es un compuesto químico de la familia de los isotiocianatos con olor a ajo; y ésteres que suelen estar asociados a aromas frutales y florales (González, 2015; National Center for Biotechnology Information, 2023; Hidalgo, 2019; Ribereau-Gayon, 2020).

La tabla 11 muestra los compuestos identificados en las cromatografías de gases cuyas concentraciones presentan diferencias estadísticamente significativas entre el vino tinto control y el dializado. Los veinticuatro primeros compuestos son ésteres que suelen estar asociados a aromas frutales y florales. Todos ellos se muestran en menor concentración en el tinto dializado que en el control, a excepción del Acetato de fenetilo con aroma a miel. Los nueve siguientes compuestos son alcoholes que suelen tener aromas desagradables y punzantes a excepción del 1-Hexanol que tiene aroma herbáceo, el alcohol bencílico con aromas afrutados y el 2-feniletanol y 1-nonanol con aromas a rosas. Todos estos alcoholes disminuyen en el vino filtrado a excepción del 2,4-ditert-butilfenol que se utiliza habitualmente en la elaboración de plásticos, por lo que es probable que aumente por el uso de gomas de plástico en la conducción del vino durante la diálisis. Los tres compuestos siguientes presentan anillo aromático, el naftaleno tiene olor desagradable, el tolueno presenta un aroma de almendra amarga similar al benceno y el 1,3-Diacetilbenceno no presenta un aroma característico. Todos ellos disminuyen en el vino tratado. Los dos compuestos siguientes también disminuyen en el vino dializado y son cetonas que no suelen tener influencia en el aroma de los vinos. El ácido benzoico es inodoro o con ligero aroma a acetaldehído y el ácido butanodioico no presenta un aroma característico. El éter de difenilo presenta aroma a geranio, y se consideraría un defecto en los vinos. La 4-Nitroftalamida no presenta un aroma característico. Estos dos últimos compuestos se encuentran en menor concentración en el vino dializado (González, 2015; National Center for Biotechnology Information, 2023; Hidalgo, 2019; Ribereau-Gayon, 2020).

6.4. Comparación análisis sensorial

Se han analizado los datos obtenidos de 126 jueces de los cuales 57 (44,88 %) se identificaron como hombres y 69 (54,33 %) como mujeres (figura 5). Al agrupar por edades, 48 (38 %) encuestados eran menores de 20, 59 (47 %) entre 21 y 30, 6 entre 31 y 40, 4 (5 %) entre 41 y 50, 5 (4 %) entre 51 y 60 y 4 (3 %) mayores de 60. Los respectivos porcentajes de edad y sexo se muestran en las figuras 5 y 6.

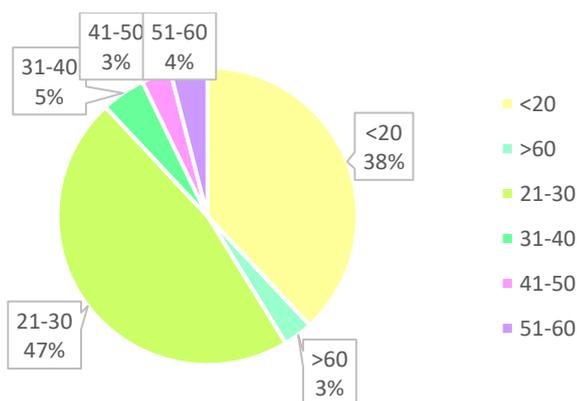


Figura 5 - Gráfico de la edad de los encuestados. (Fuente propia)

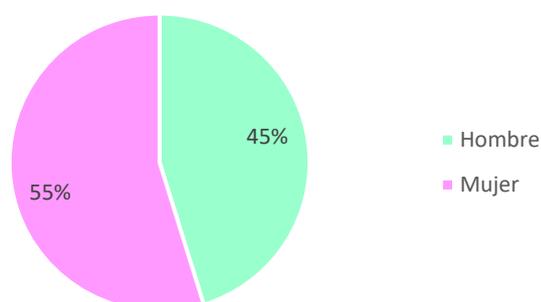


Figura 6 - Gráfico del sexo de los encuestados. (Fuente propia)

❖ Prueba triangular

Para analizar los resultados de una prueba triangular, el número mínimo de consumidores que deben notar una diferencia perceptible para poder decir que ambos productos son diferentes, está tabulado en función del número de participantes y del nivel de significación requerido. En este caso, y debido a que el número de consumidores, 126, supera las tablas que aparecen en la normativa ISO 4120:2021, es necesario utilizar la siguiente fórmula para calcular el número mínimo de respuestas:

$$x = \left(\frac{n}{3}\right) + z * \sqrt{\frac{2n}{9}}$$

Siendo n el número de jueces, x el número de respuestas correctas y z varía con el nivel de significación. Si se quiere un nivel de significación de 0,05, z sería igual a 1,64.

$$x = \left(\frac{126}{3}\right) + 1,64 * \sqrt{\frac{2*126}{9}} = 51$$

Esto significa que las muestras son significativamente diferentes si 51 consumidores son capaces de identificar cuál es la muestra diferente en la prueba triangular. Hubo 76 personas capaces de identificar el vino blanco y 85 capaces de identificar el vino tinto diferente. Teniendo en cuenta el cálculo anterior, los vinos filtrados y control se han considerado significativamente diferentes según la prueba triangular.

Tras ver que ambas muestras presentan diferencias significativas para los dos vinos, se ha decidido realizar un intervalo de confianza siguiendo la normativa ISO 4120:2021.

Primero, se calculará la proporción de respuestas correctas (Pc):

$$Pc_{\text{blanco}} = \frac{x}{n} = \frac{76}{126} = 62,70$$

$$Pc_{\text{tinto}} = \frac{x}{n} = \frac{85}{126} = 67,46$$

En segundo lugar, se calcula la proporción de sujetos que identifica correctamente la muestra (Pd):

$$Pd_{\text{blanco}} = 1,5 * Pc - 0,5 = 1,5 * 0,627 - 0,5 = 0,441$$

$$Pd_{\text{tinto}} = 1,5 * Pc - 0,5 = 1,5 * 0,6746 - 0,5 = 0,511$$

En tercer lugar, se calcula la desviación estándar (Sd):

$$Sd_{\text{blanco}} = 1,5 * \sqrt{\frac{Pc - (1 - Pc)}{n}} = 1,5 * \sqrt{\frac{0,627 - (1 - 0,627)}{126}} = 0,067$$

$$Sd_{\text{tinto}} = 1,5 * \sqrt{\frac{Pc - (1 - Pc)}{n}} = 1,5 * \sqrt{\frac{0,6746 - (1 - 0,6746)}{126}} = 0,079$$

Y, por último, se calcula el intervalo de confianza:

$$\text{Límite superior de confianza blanco} = Pd + z * Sd = 0,441 + 1,64 * 0,067 = 0,5209$$

$$\text{Límite inferior de confianza blanco} = Pd - z * Sd = 0,441 - 1,64 * 0,067 = 0,3011$$

$$\text{Límite superior de confianza tinto} = Pd + z * Sd = 0,511 + 1,64 * 0,079 = 0,6406$$

$$\text{Límite inferior de confianza tinto} = Pd - z * Sd = 0,511 - 1,64 * 0,079 = 0,3814$$

Tras hacer estos cálculos para un nivel de significación del 95 % en la distinción de muestras, se puede llegar a la conclusión de que el 52,09 % en el blanco y 64,06 % en el tinto, sería la proporción máxima de personas capaces de distinguir la muestra. Y el número mínimo de personas que sería capaz de distinguir las muestras sería de un 30,11 % en el blanco y de 38,14 % en el tinto, por lo tanto, siempre habría una parte importante de los consumidores capaz de diferenciar ambos vinos.

Carracedo (2021), que realizó la desalcoholización parcial de un vino blanco con este equipo, obtuvo como resultado en la cata triangular que 14 de 33 consumidores eran capaces de identificar el vino desalcoholizado. La ISO 4120:2021 indica que para encontrar diferencias significativas con una confianza del 95 % se necesitan 17 catadores. Por lo tanto, los vinos blancos de Carracedo (2021) no presentaron diferencias significativas, a diferencia de los vinos utilizados en este estudio.

Por otro lado, Ludeña (2022), que realizó el mismo proceso con el mismo equipo para vinos tintos, obtuvo como resultado en la prueba triangular que 36 de 72 jueces fueron capaces de identificar cuál era la muestra diferente. En este caso, la norma ISO 4120:2021 indica que, con más de 32 jueces capaces de identificar la muestra diferente con un 95 % de confianza, los vinos presentarían diferencias significativas. Por lo tanto, los vinos tintos utilizados por Ludeña (2022) presentan diferencias significativas al igual que los utilizados en este estudio.

Es probable que la no diferenciación de los vinos en el trabajo de Carracedo (2021) pueda estar relacionada con el bajo número de consumidores que presenta su estudio (33), siendo este notablemente inferior al de Ludeña (2022) (72) y al del presente estudio (126). Según la norma ISO 4120:2021 la participación de un elevado número de jueces aumenta la probabilidad de detectar pequeñas diferencias entre las muestras.

❖ Prueba CATA (*Check-All-That-Apply*)

La cantidad de consumidores que se han tenido en cuenta para hacer el tratamiento de datos de CATA es menor al número de consumidores que han realizado la prueba triangular. Esto es debido a errores de los propios consumidores al nombrar a las

muestras en la encuesta, por lo cual dichos resultados se han eliminado en el tratamiento estadístico. Se han tenido en cuenta 116 consumidores para el vino blanco y 115 consumidores para el vino tinto.

Comenzando con los vinos blancos, la tabla 12 presenta las frecuencias de mención de cada uno de los términos para el vino control y el vino filtrado, así como los resultados del test Q de Cochran, mientras que la figura siguiente (Fig. 7) muestra de forma gráfica la comparación de dichos resultados.

Tabla 12 - Frecuencia con la que los 116 consumidores utilizaron los términos de CATA para describir cada muestra y resultados de la prueba Q de Cochran para vino blanco. (Fuente propia)

Atributo	Vino blanco control	Vino blanco filtrado
LIMPIO ^s	60	76
CON VOLUMEN EN BOCA ^s	27	9
AMARGO ^{ns}	24	30
ÁCIDO ^s	58	40
AFRUTADO ^s	52	37
CÍTRICO ^{ns}	27	27
TROPICAL ^s	32	17
HERBÁCEO ^s	12	20
BALSÁMICO ^{ns}	8	9
REDUCIDO ^{ns}	3	6
ANISADO ^{ns}	5	6
AROMÁTICO ^s	61	26
PERSISTENTE ^s	49	21
OXIDADO ^{ns}	12	13
ME GUSTA ^{ns}	61	53
NO ME GUSTA ^s	13	26

El superíndice ns indica diferencias no significativas ($p > 0,05$) y s indica diferencias significativas ($p < 0,05$) de acuerdo con la prueba Q de Cochran.

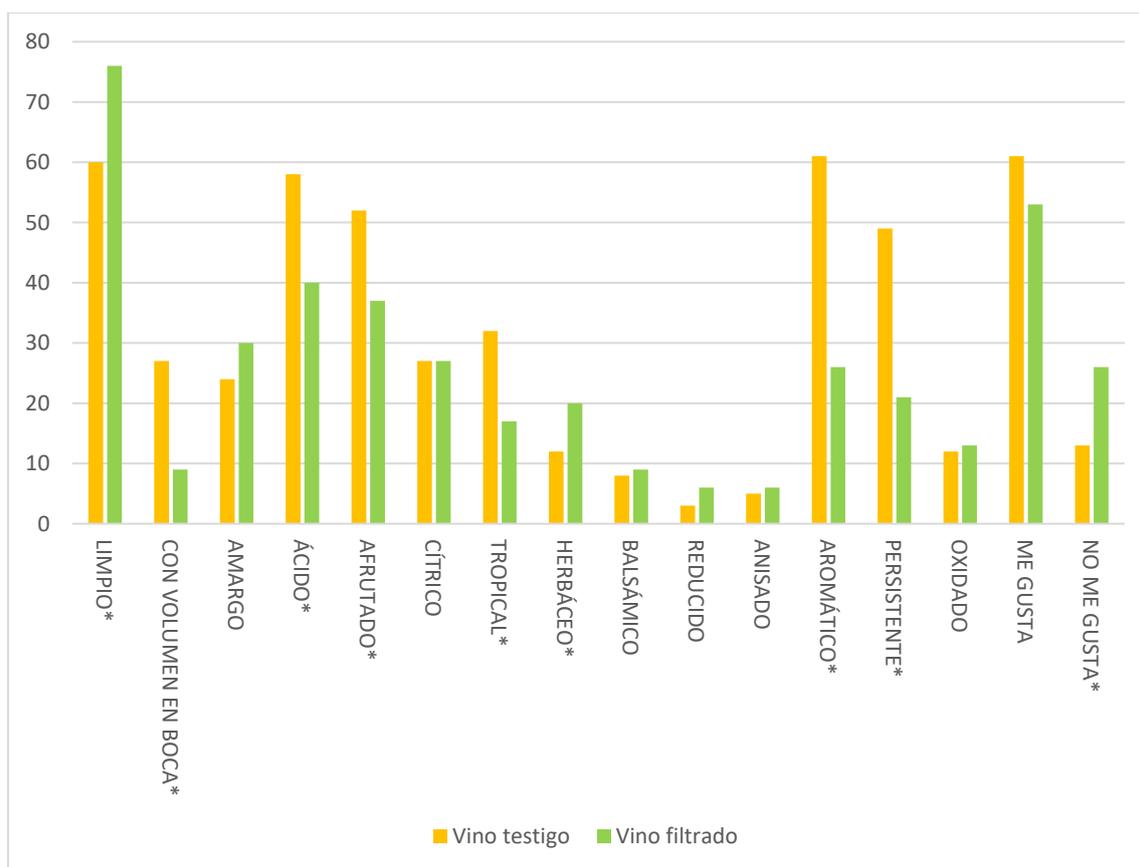


Figura 7 - Gráfico de barras de los parámetros de la prueba CATA del vino blanco. Con un asterisco (*) los parámetros que presentaron diferencias estadísticamente significativas. (Fuente propia)

Nueve de los dieciséis parámetros utilizados para describir los vinos blancos presentan diferencias significativas como se puede observar en la tabla 12 y la figura 7. Los consumidores consideran el vino dializado más limpio, con menor volumen en boca, menos ácido, afrutado y tropical, más herbáceo, menos aromático y persistente, y no le ha gustado a más consumidores en comparación con el vino blanco control.

La bajada en la acidez también se ha notado en los análisis químicos (tabla 1) y la bajada de los aromas se ha notado analíticamente en la disminución en la concentración de compuestos aromáticos (tablas 6 y 8). La disminución del volumen en boca puede estar asociada al paso de ciertos alcoholes como el glicerol a través de la membrana. Por lo tanto, que el vino filtrado presente una menor persistencia puede ser debido a la disminución del aroma y del volumen en boca. Cabe destacar que el vino blanco dializado ha gustado a un menor número de personas (53 frente a 61 el vino blanco control), aunque en este atributo no existen diferencias significativas. Varios consumidores han añadido aguada, plano y suave como otros atributos del vino dializado.

Los parámetros amargo, cítrico, balsámico, reducido, anisado, oxidado y me gusta no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ambos vinos.

En resumen, se puede decir que la mayor parte de los parámetros que se han utilizado para caracterizar el vino blanco, presentan una cierta reducción en su apreciación por parte de los catadores. Esta reducción es notablemente evidente en el caso de los atributos aromático y persistente, lo cual indudablemente es consistente con la significativa disminución de los compuestos aromáticos principalmente presentes en los vinos blancos.

Carracedo (2021), que realizó una prueba CATA con los mismos atributos utilizando 33 jueces, obtuvo que no había diferencias significativas para ninguno de los parámetros. Esto puede ser asimismo debido al bajo número de consumidores que realizaron el análisis sensorial.

A continuación, se presentan los resultados de la prueba CATA para los vinos tintos, comenzando igualmente con la tabla 13 de frecuencias obtenidas y resultados del test Q de Cochran, para luego representarlo gráficamente en la Fig. 8.

Tabla 13 - Frecuencia con la que los 115 consumidores utilizaron los términos de CATA para describir cada muestra y resultados de la prueba Q de Cochran para vino tinto. (Fuente propia)

Atributo	Vino tinto control	Vino tinto filtrado
LIMPIO ^{ns}	54	55
COLOR INTENSO ^{ns}	47	48
CON VOLUMEN EN BOCA ^{ns}	37	33
AMARGO ^s	37	28
ÁCIDO ^{ns}	29	30
AFRUTADO ^{ns}	34	37
HERBÁCEO ^{ns}	13	15
ALCOHÓLICO ^s	50	33
REDUCIDO ^s	6	10
ASTRINGENTE ^{ns}	43	41
AROMÁTICO ^s	38	26
PERSISTENTE ^s	48	27
ME GUSTA ^s	65	36
NO ME GUSTA ^s	26	38

El superíndice ns indica diferencias no significativas ($p > 0,05$) y s indica diferencias significativas ($p < 0,05$) de acuerdo con la prueba Q de Cochran.

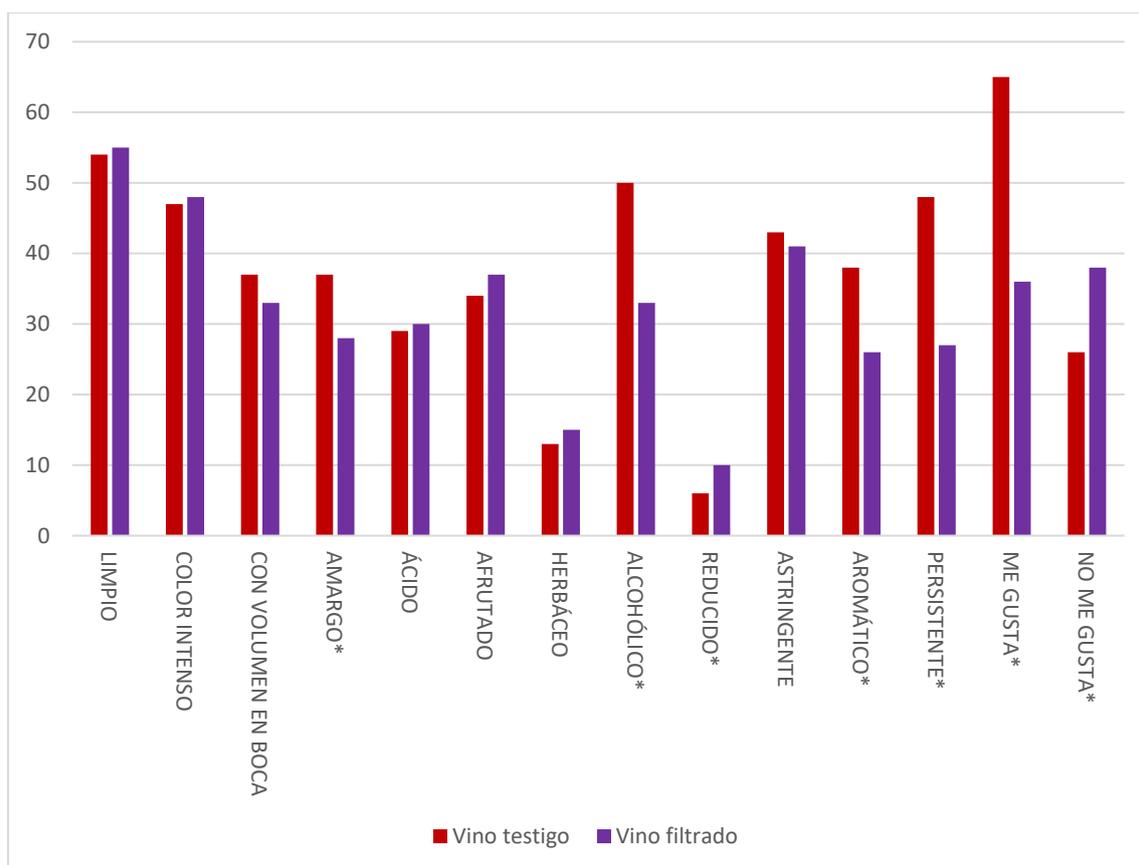


Figura 8 - Gráfico de barras de los parámetros de la prueba CATA del vino tinto. Con un asterisco (*) los parámetros que presentaron diferencias estadísticamente significativas. (Fuente propia)

Siete de los catorce parámetros utilizados para describir los vinos tintos utilizando la metodología CATA presentan diferencias significativas como se puede observar tanto en la tabla 13 como en la figura 7. Estos parámetros son amargo, alcohólico, reducido, aromático, persistente, me gusta y no me gusta. A pesar de que en el atributo reducido se han encontrado diferencias significativas, únicamente ha sido seleccionado por 6 de 115 consumidores en el caso del vino control, y por 10 de los 115 consumidores en el vino tinto dializado. Es probable que este bajo número sea debido a que los consumidores puedan desconocer lo que es un vino reducido.

El vino filtrado, en comparación con el control, se consideró menos amargo, lo que podría ser debido a la bajada de fenoles que se ha comprobado analíticamente; menos alcohólico, debido a la bajada de 1,70 % en el grado alcohólico; menos aromático, probablemente por haber menor concentración de compuestos aromáticos en el vino filtrado que en el control y menos persistente, esto último puede ser debido a que este vino es menos aromático y amargo. Además, el vino filtrado gustó a menos consumidores y no gustó a más en comparación con el control.

Los parámetros limpio, color intenso, con volumen en boca, ácido, afrutado, herbáceo y astringente no presentaron diferencias significativas entre ambos vinos.

De forma similar a como se ha hecho con los vinos blancos, se pueden resumir los resultados de la prueba indicando que atributos significativos en vinos tintos, como alcohólico, aromático o persistente, presentan una importante reducción en su apreciación por los catadores. Estos resultados coinciden con una importante bajada del contenido en alcohol, así como una reducción de aromas (aunque menos drástica que en el caso de los vinos blancos como demuestra el estudio cromatográfico). La conjunción de estos cambios influye en el notable cambio en los consumidores respecto a los atributos me gusta y no me gusta.

Ludeña (2022) también realizó esta metodología con los mismos atributos en su estudio y obtuvo como resultados que los parámetros alcohólico, persistente y me gusta han sido menos marcados en el vino dializado, y el parámetro no me gusta menos seleccionado en el vino control al igual que en el presente estudio. Es interesante comentar que Ludeña (2022) obtuvo menos parámetros con diferencias estadísticamente significativas que en el presente estudio. En ambos estudios se observa que los parámetros limpio, color intenso, con volumen en boca, ácido, afrutado, herbáceo y astringente no presentan diferencias significativas.

❖ Prueba aceptabilidad global

La cantidad de consumidores que se han tenido en cuenta para hacer el tratamiento estadístico de la prueba de aceptabilidad global es menor al número de consumidores que han catado. Esto es debido, también, a errores de los propios consumidores al nombrar a las muestras en la encuesta. Se han tenido en cuenta 113 consumidores para el vino blanco y 118 para el vino tinto.

Tabla 14 - Medias y desviación estándar de la aceptabilidad global de las muestras para vino tinto y blanco. (Fuente propia)

Vino	Control	Filtrado
Blanco	6,16 ± 1,87 ^a	5,62 ± 1,88 ^b
Tinto	5,62 ± 1,90 ^a	5,22 ± 1,80 ^a

Letras distintas indican que existen diferencias significativas entre las muestras con un $p < 0,05$ según el Test de Tukey

Los resultados sobre la prueba de aceptabilidad global se muestran en la tabla 14. Observándola se puede llegar a la conclusión de que ambos vinos dializados presentan una menor aceptabilidad global que los vinos control, aunque solo presenta diferencias estadísticamente significativas el vino blanco. Ambos vinos presentan una valoración entre 5 (ni me gusta ni me disgusta) y 6 (me gusta poco). Se puede observar que el vino control presenta unas características organolépticas que gustan más al consumidor, pero esta diferencia es de menos de medio punto en ambos casos. La calidad del vino de partida parece influir claramente en los resultados. También, es importante destacar que la valoración del vino dializado es más baja que la del vino control tanto en blanco como en tinto.

Ludeña (2022) también obtuvo como resultado que la aceptabilidad de ambos vinos tintos no presentaba diferencias estadísticamente significativas. Por el contrario, Carracedo (2021) no realizó esta prueba de análisis sensorial en su estudio sobre vinos blancos.

7. CONCLUSIONES

Como se buscaba en este estudio, los vinos sometidos a diálisis por membrana presentan un menor grado alcohólico que los vinos control, bajando 1,40 % el grado alcohólico del vino blanco y 1,70 % el vino tinto. Además, se ha producido una bajada de la acidez significativa en el caso del vino blanco, por lo que habrá que tener en cuenta la acidez de los vinos que vayan a ser sometidos a esta técnica en un futuro. Por otro lado, parece razonable suponer que el proceso de desalcoholización sea más eficiente cuanto más alto sea el grado alcohólico de partida debido a que la bajada de grado alcohólico ha sido mayor en los vinos con grados alcohólicos más elevados. En el caso del vino tinto, hay que destacar una bajada significativa del IPT que podría ser debida al paso de polifenoles a través de la membrana. Mientras que, en caso del vino blanco, se observa una bajada del color que podría explicarse por el paso de ciertos compuestos fenólicos oxidados por la membrana. Resulta reseñable que, en el caso del vino tinto, a

pesar de ensuciar visiblemente tanto el agua pura utilizada como la superficie de la membrana, esto no se traduzca en una variación significativa en la intensidad del color. Además, el atributo color intenso de la prueba CATA no mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos vinos. Todo ello podría deberse a que el color intenso que presenta el vino tinto no se ve disminuido, aunque pasen por la membrana algunos de sus compuestos colorantes. En resumen, los vinos filtrados presentan unas características analíticas aceptables para vinos blancos y tintos, aunque presentan diferencias estadísticamente significativas en ciertos parámetros, respecto a los vinos testigo.

Se podría concluir que los vinos parcialmente desalcoholizados mediante diálisis por membrana en este estudio darían lugar a vinos con características organolépticas aceptables, pero con atributos sensoriales diferentes al vino de partida como se ha visto en la prueba CATA. Ahora bien, esas ligeras diferencias son esperables dado que el alcohol es uno de los compuestos mayoritarios del vino, claramente influyente en las propiedades sensoriales del mismo. Ambos vinos han sido diferenciados significativamente por los consumidores en la prueba triangular, a pesar de ello, el tinto no ha presentado diferencias estadísticamente significativas en la prueba de aceptabilidad global.

Es probable que los compuestos aromáticos que no aparecen en el vino blanco filtrado se pierdan debido a su volatilidad o a su paso por la membrana, es lógico pensar que los alcoholes pasen a través de ella al igual que el etanol. Por otro lado, los compuestos aromáticos que solo aparecen en la cromatografía del vino blanco filtrado serían en su mayoría inodoros o con olores desagradables, aunque también aparece algún compuesto, en bajas concentraciones, con aroma frutal y floral que podrían haber sido liberados de precursores aromáticos durante la diálisis. Además, los compuestos aromáticos con diferencias estadísticamente significativas entre ambos vinos, a excepción del 2,4-Di-terc-butilfenol, asociado al uso de plásticos, disminuyen en el vino filtrado. Por lo tanto, la diálisis provocaría una pérdida de compuestos aromáticos en el vino filtrado. Con el análisis mediante cromatografía de gases de los compuestos aromáticos, se comprueba que el vino filtrado es menos aromático que el testigo como han indicado los consumidores en la prueba CATA.

Los compuestos químicos identificados en la cromatografía de gases que no se encuentran en el vino tinto filtrado son predominantemente afrutados y florales, junto a algunos olores desagradables. En el vino tinto filtrado, aparecen compuestos que no aparecían en el vino control como terpenos que pueden haber sido liberados de precursores aromáticos durante el tratamiento y algunos ésteres que se pueden haber producido por reacciones de esterificación durante el tratamiento. Sería interesante comentar que estos nuevos compuestos se presentan en concentraciones bajas. La mayor parte de compuestos químicos identificados en la cromatografía de ambos vinos disminuyen en el vino filtrado, a excepción del 2,4-ditert-butilfenol que se asocia al uso de gomas de plástico para conducir el vino durante el tratamiento y el acetato de fenitilo que es probable que aumente debido a alguna reacción química de esterificación durante la diálisis. Esto coincide con la diferencia estadísticamente significativa en el parámetro aromático de la prueba CATA.

Para mejorar este proceso en un futuro, se podría intentar realizar la diálisis a un vino con una mayor cantidad de acidez y de compuestos fenólicos. Sería importante encontrar la forma de recuperar o de aumentar el aroma de estos vinos después del tratamiento. Una técnica que podría resultar interesante sería el estudio de una crianza sobre lías en el caso de los vinos blancos y una crianza en madera en el caso de los vinos tintos. Otra vía de mejora sería intentar estudiar la aplicación de esta metodología en bodega para trabajar con mayores volúmenes.

El vino tinto filtrado presenta diferencias organolépticas respecto al vino control, pero estas diferencias no influyen en la aceptabilidad global como ocurre en el caso del vino blanco. Por otro lado, el vino tinto conserva mejor sus parámetros químicos después del tratamiento que el vino blanco. También, sería importante destacar que, en este estudio, hay una bajada mayor en el grado alcohólico (0,30 %) en el vino tinto respecto al vino blanco. Por lo tanto, se puede concluir que, en base a los resultados obtenidos en este estudio, la técnica de desalcoholización parcial de vinos mediante diálisis por membrana funcionaría mejor en vinos tintos que en vinos blancos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Calvo J.I., Asensio J., Sainz D., Zapatero R., Carracedo D., Fernández-Fernández E., et al. (2022). *Diálisis por membrana para la desalcoholización parcial de vinos blancos. Membranas*, 12(5), 468. MDPI AG. [\[CrossRef\]](#)
- Castro-Muñoz R. (2020), Chapter 5 - Membrane Technologies for the Production of Nonalcoholic Drinks, Editor(s): Charis M. Galanakis, *Trends in Non-alcoholic Beverages* (Pages 141-165), Academic Press. [\[CrossRef\]](#)
- González-Barreiro, C., Rial-Otero, R., Cancho-Grande, B. y Simal-Gándara, J. (2015). *Compuestos aromáticos de vino en uvas: una revisión crítica. Revisiones críticas en ciencia de los alimentos y nutrición*, 55(2), 202–218. [\[CrossRef\]](#)
- Hendriks H. F. J. (2020) *Alcohol and Human Health: What Is the Evidence?. Annual review of food science and technology*, 11, 1–21. [\[CrossRef\]](#)
- Hidalgo Togores, José (2019), *Tratado de Enología*, 3º edición, Ed. Mundi-Prensa
- Hrelia, S., Di Renzo, L., Bavaresco, L., Bernardi, E., Malaguti, M. y Giacosa, A. (2022). *Consumo moderado de vino y salud: una revisión narrativa. Nutrientes*, 15(1), 175. [\[CrossRef\]](#)
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2008) *Análisis sensorial — Vocabulario (Norma ISO nº 5492:2008)*. <https://www.iso.org/standard/38051.html>
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2021) *Sensory analysis methodology. Triangle test (Norma ISO nº 4120:2021)*. <https://www.iso.org/standard/76666.html>
- Liguori L., Russo P., Albanese D., Di Matteo M (2018), Chapter 12 - Production of Low-Alcohol Beverages: Current Status and Perspectives, Editor(s): Alexandru Mihai Grumezescu, Alina Maria Holban, In *Handbook of Food Bioengineering, Food Processing for Increased Quality and Consumption*, (Pages 347-382) Academic Press. [\[CrossRef\]](#)
- Lim J. (2011), *Hedonic scaling: A review of methods and theory, Food Quality and Preference*, Volume 22, Issue 8, Pages 733-747 [\[CrossRef\]](#)
- Ludeña Bombín, Aroa (2022), *Reducción parcial del grado alcohólico en vinos tintos mediante diálisis por membrana. Trabajo Fin de Grado, Grado en Enología, Universidad de Valladolid 2022*.
- Mahieu B., Visalli M., Thomas A., Schlich P., (2020) *Free-comment outperformed check-all-that-apply in the sensory characterisation of wines with consumers at home, Food Quality and Preference*, Volume 84. [\[CrossRef\]](#)
- Mangindaan D., Khoiruddin K., Wenten I.G. (2018) *Beverage dealcoholization processes: Past, present, and future, Trends in Food Science & Technology*, Volume 71, Pages 36-45. [\[CrossRef\]](#)
- Mozell & Thach (2014), *The impact of climate change on the global wine industry: Challenges & solutions, Wine Economics and Policy*, Volume 3, Issue 2, Pages 81-89. [\[CrossRef\]](#)

National Center for Biotechnology Information (2023, 18, abril). National Library of medicine ,Pub Chem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

OIV (2012), OIV-OENO Resolution 394B-2012. Disponible online: <https://www.oiv.int/public/medias/1432/oiv-oeno-394b-2012-en.pdf> (Consultado el 14 Febrero 2023).

OIV (2015), OIV-OENO Norma Internacional para el Etiquetado de los Vinos – 2015 Disponible online: <https://www.oiv.int/public/medias/4778/norme-etiquetage-oiv-es-2015.pdf> (consultado el 14 Febrero 2023).

OIV (2023, 11, abril), Organización Internacional de la Viña y el Vino <https://www.oiv.int/es/>

Ribereau-Gayon, Pascal (2020) Traité d'oenologie, 7^o edition, Ed. Dunod.

*Sam, F. E., Ma, T., Liang, Y., Qiang, W., Atuna, R. A., Amagloh, F. K., Morata, A. y Han, S. (2021). Comparison between Membrane and Thermal Dealcoholization Methods: Their Impact on the Chemical Parameters, Volatile Composition, and Sensory Characteristics of Wines. *Membranes*, 11(12), 957. [\[CrossRef\]](#)*

Sigma Aldrich (2023, 18, febrero). 90 mm. Ultrafiltration Discs, 10 kDa NMW, Merck. <https://www.sigmaaldrich.com/ES/es/product/mm/plgc09005>