



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Titulación de Grado en Enología

**Diálisis por membrana para la
reducción parcial del grado alcohólico
en vinos blancos**

Daniel Carracedo Esguevillas

Tutor: José Ignacio Calvo Díez

Cotutor: Encarnación Fernández Fernández



Copia para el tutor/a

Junio de 2021

"In vino veritas"

1.	RESUMEN.....	2
2.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.1.	DIÁLISIS POR MEMBRANA.....	4
3.	JUSTIFICACIÓN	5
4.	OBJETIVOS	5
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	6
5.1.	VINOS	6
5.2.	EQUIPO DE DIÁLISIS	6
5.3.	MEMBRANA PLGC 15005.....	8
5.4.	MÉTODOS ANALÍTICOS	9
5.4.1.	<i>Refractómetro diferencial</i>	9
5.4.2.	<i>pH</i>	11
5.4.3.	<i>Acidez total</i>	11
5.4.4.	<i>Acidez volátil</i>	12
5.4.5.	<i>Grado alcohólico</i>	12
5.4.6.	<i>IPT</i>	12
5.4.7.	<i>Índice de color</i>	12
5.4.8.	<i>SO₂ Total y Libre</i>	12
5.5.	MÉTODOS DE ANÁLISIS SENSORIAL	13
5.5.1.	<i>Prueba triangular</i>	13
5.5.2.	<i>Prueba CATA (Check-All-That-Apply)</i>	13
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
6.1.	RESULTADOS DE PROCESO DE DIÁLISIS.....	14
6.2.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS.....	15
6.3.	ANÁLISIS SENSORIAL.....	17
6.3.1.	<i>Prueba triangular</i>	17
6.3.2.	<i>Prueba CATA (Check-All-That-Apply)</i>	19
7.	CONCLUSIONES.....	21
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	23

1. Resumen

El objetivo del presente trabajo es analizar la disminución de grado alcohólico de vinos blancos, en este caso producidos en la ETSIIAA, mediante diálisis por membrana. La elección de membrana ha sido optimizada en estudios previos (Zapatero, 2020). Para este trabajo hemos realizado la diálisis de vino blanco experimental y, posteriormente, el vino resultante del permeado ha sido analizado desde el punto de vista químico y organoléptico. Los resultados de estos análisis se han sometido a comparativa con los realizados con el vino testigo de partida a fin de comprobar que el vino dializado consigue la reducción de alcohol esperada manteniendo el resto de los valores analíticos y organolépticos sin cambios importantes.

2. Introducción

Se estima que en el 5.000 a.C., en el Cáucaso, se puede encontrar el más ancestral reducto del inicio de la actividad vitícola en el mundo. No sería hasta años más tarde la constatación de la viticultura en España.

Cabe destacar que existen ciertas pruebas de que la viña en nuestro país existe desde el 3.000 a.C., debido al descubrimiento de fósiles de pepitas encontrados en yacimientos arqueológicos correspondientes a pueblos iberos y celtas. No obstante, se atribuye el verdadero apuntalamiento de la viticultura en la península a los comerciantes fenicios en los siglos IX a VIII a.C. (Hidalgo & Hidalgo, 2019)

Mucho ha cambiado la viticultura desde entonces y consigo las extensiones de los terrenos vitícolas. En 2019 el tamaño del viñedo a nivel mundial se estima en 7,4 millones de hectáreas, siendo España el país con mayor extensión de terreno vitícola en unos 966 miles de hectáreas, esto supone el 13,1% del viñedo mundial (OIV, 2020)

Dentro de la viticultura, probablemente, el factor permanente más influyente sobre la vid sea el clima, ya que condiciona directamente el desarrollo y rendimiento del viñedo y, por consiguiente, la maduración y composición del grano de uva.

Todos estos antecedentes señalados nos dan pie a pensar en el cambio climático y cómo influye este en el viñedo. Con el calentamiento global se suceden ciertos problemas y desajustes en la maduración del grano de uva, ya que el aumento de las temperaturas y la disminución de la pluviometría desencadenan numerosos inconvenientes para la elaboración de vinos de calidad. Podemos citar algunas de estas trabas:

- Desajustes entre la madurez fenólica y tecnológica. Esto está suponiendo que cada vez sea más difícil encontrar el equilibrio perfecto entre ambas, e incluso, llegando a forzar soluciones que se transmiten en un descenso de la calidad de los vinos. Un claro ejemplo es la “doble vendimia”.
- Pasificación de las uvas sin alcanzar una buena madurez.
- Acumulación de aromas en la baya de uva blanca, siendo más favorable la acumulación de estas en climas fríos (Duchêne & Schneider, 2005)

En ciertas zonas de la geografía española, tan distanciadas como la D.O.Q. Priorat y la D.O. Toro, podemos encontrar el mismo problema, que viene dado por los dos primeros puntos anteriormente citados. En ambas denominaciones de origen, se suceden las altas temperaturas y la escasez de lluvias y, a pesar de que los suelos vitícolas son completamente distintos (siendo el suelo del Priorato un suelo de pizarra y los suelos de Toro arenosos con canto rodado), nos encontramos con el mismo problema final. Es común que en el momento óptimo de la vendimia se acumulen las concentraciones de

sólidos dentro del grano de uva debido a la pérdida de agua de este, dando a su vez altas concentraciones de azúcares que desemboca en el problema principal que intenta solucionar el presente trabajo: *el exceso de grado alcohólico*.

Para la reducción de este exceso de grado alcohólico se puede diferenciar entre técnicas pre o post-fermentativas, aunque, en ocasiones, se pueden combinar ambos tipos para tratar de obtener mejores resultados.

En nuestro trabajo trataremos en particular los métodos post-fermentativos por dos razones. La primera de ellas es que los métodos pre-fermentativos tienen menos incidencia de estudio hoy en día (Barceló, 2017). La segunda, y más importante, es que el desarrollo final de este estudio lo determina uno de los métodos englobados dentro de los post-fermentativos, la diálisis.

Para la corrección del contenido de alcohol en vinos de manera directa, entendido esto como la reducción del contenido excesivo de etanol, la Organización Internacional de la viña y el vino (OIV) decreta mediante la resolución OIV-OENO 394B (OIV, 2012) las siguientes tres técnicas para alcanzar dicho objetivo:

- Evaporación parcial al vacío
- Técnicas de membranas
- Destilación

También decreta ciertos parámetros, como el máximo de reducción del contenido de grado alcohólico volumétrico adquirido en 2% vol.

De los métodos para la desalcoholización parcial de vinos que autoriza la OIV nos vamos a centrar particularmente en las técnicas de membranas.

Ahora, para partir de un punto concreto, primero hemos de especificar la definición de membrana. Para las líneas que siguen a continuación tomaremos de forma interesada la segunda acepción de la Real Academia Española (ASALE & RAE, s. f.) para definir esta como “un tejido o agregado de tejidos que en conjunto presenta forma laminar y es de consistencia blanda”. Agregando, además, que el material del que se compone puede ser de origen natural o sintético.

Diversos estudios, enfocados a métodos de reducción de grado alcohólico en vinos, han sido realizados con anterioridad por nuestros compañeros de Grado, y resulta de interés ser citados y comentados para la toma de decisiones que ha detonado la elección y estudio de un método, que se cree idóneo, para la modificación del grado alcohólico con la mínima incidencia en el carácter organoléptico de los vinos (Sainz, 2017), (Asensio, 2018), (Merino, 2019), (Zapatero, 2020).

Cabe reseñar que todos estos estudios que comentamos a continuación han sido supervisados por ayuda del Grupo de Superficies y Materiales Porosos de la Universidad de Valladolid (SMAP), puesto que todos los ensayos técnicos han sido desarrollados en esas instalaciones.

Tanto en (Sainz, 2017) como en (Asensio, 2018) se utiliza la pervaporación, como los propios títulos indican, para la reducción de grado alcohólico de vinos. Los dos lo describen como técnicas lentas pero satisfactorias a la hora de resolver el punto principal que era la bajada de grado alcohólico en vinos terminados. Sin embargo, ambos concluyen del mismo modo: “con resultados poco satisfactorios a la hora de obtener un vino resultante, tras estos procesos, semejante al vino original”. Posteriormente se realizaron pruebas de desalcoholización mediante diálisis. En (Merino, 2019) la diálisis se realiza con tres tipos diferentes de membranas, desechando dos de ellas, la SR3-TFC y la NP030, por realizar un filtrado lento y que, a priori, causaron cambios significativos observables, quedando solo una de las tres

membranas, la GH2500, como posible candidata para lograr el resultado esperado. Con esta membrana se logró alcanzar una reducción del grado alcohólico en 0,6% vol., pero exigía un tiempo excesivamente largo de filtración (más de 24 horas) que hacían poco viable el proceso y poco realista su posible implementación industrial. Posteriormente, en (Zapatero, 2020) encontramos resultados muy esperanzadores y relevantes con una membrana en particular, la PLGC 15005, logrando reducir el grado alcohólico de un vino terminado 1,5% vol., en un tiempo razonable de cerca de 8 horas y media. Sin embargo, debido a la pandemia acaecida durante la realización del estudio, la COVID-19, no se pudieron realizar las pruebas organolépticas previstas que permitieran asegurar si, realmente, el segundo requerimiento del proceso de desalcoholización (mínima influencia en las propiedades analíticas y organolépticas del vino) se cumplía.

El presente trabajo se basa en continuar los estudios realizados por nuestros colegas, para lo cual, partiremos de la membrana que mejores prestaciones dio en los estudios previos (la membrana PLGC 15005), con la que aplicaremos nuevamente a la diálisis de un vino blanco procedente de uva Verdejo para, además de reiterar la reducción de grado alcohólico previamente observada, comprobar las posibles diferencias químicas y organolépticas entre el vino inicial y el vino dializado.

2.1. Diálisis por membrana

Comenzaremos por describir de manera resumida en qué consiste un proceso de diálisis mediante membrana.

En medicina se entiende diálisis como un procedimiento terapéutico por medio del cual se eliminan sustancias tóxicas presentes en la sangre (Páez et al., 2009) pero como bien hemos introducido hasta ahora, no buscamos una aplicación en el ámbito hipocrático. Para nuestro caso entendemos por diálisis como el proceso de difusión selectiva a través de una membrana, que se utiliza para la separación de moléculas de diferente tamaño (ASALE & RAE, s. f.)

Por tanto, la diálisis por membrana pretende recrear de manera artificial la función que realizarían nuestros riñones. Mediante este proceso trataremos, a través de una membrana semipermeable, la difusión selectiva que nos convenga, en nuestro caso la separación de sustancias que no nos interesan en nuestro vino.

En procesos en la industria alimentaria la diálisis se realiza a temperaturas bajas, en el rango de 1°C a 6°C, para minimizar la modificación de los caracteres organolépticos de interés.

En el proceso de diálisis actúan conjuntamente dos mecanismos de transporte, la difusión y la ósmosis. Por un lado, se da la difusión de solutos desde la disolución más concentrada a la menos concentrada. La membrana semipermeable permite el paso de determinados de estos solutos, dependiendo de su tamaño y peso molecular. Asimismo, la diferencia de concentración entre ambos lados de la membrana se traduce en un proceso de ósmosis, por el cual, parte del disolvente (agua en nuestro caso) pasa del lado de menor concentración al de mayor. El efecto conjunto de ambos mecanismos es intentar igualar la concentración en ambos lados de la membrana. En nuestro experimento haremos circular, de manera constante, con la ayuda de dos bombas peristálticas a los dos lados de la membrana vino y por el otro lado agua, cada uno a una cara de la membrana para poder desalcoholizar de esta forma el vino.

3. Justificación

Como ya hemos citado anteriormente el cambio climático está resultando ser un problema para los viñedos establecidos en nuestro territorio. Se sabe que, actualmente las temperaturas están en constante ascenso, habiendo subido la temperatura media del planeta 0,5°C en los últimos 150 años y se espera que esta tónica continúe, pudiendo alcanzar un aumento medio de 3 a 4°C en el año 2100 en lo que concierne al hemisferio norte (Hidalgo & Hidalgo, 2019).

Todos estos factores climáticos están produciendo cambios en la fisiología de la vid, y ya hemos comentado que en ciertas denominaciones de origen cada vez es más habitual obtener un exceso de grado alcohólico en el momento de la vendimia.

Para combatir estos factores limitantes de elevadas temperaturas y escasez de agua se están realizando métodos en viñedo para compensar estas situaciones, tales como:

- Cambios en la elección de portainjerto, utilizando en plantación patrones más resistentes a la sequía y a las altas temperaturas.
- Las variedades de vid también se están cambiando en zonas tradicionales, ya que estos factores limitantes afectan de manera directa.
- Se están elevando en altitud los viñedos ya que la temperatura se reduce 0,5°C por cada 100 metros que nos elevamos sobre el nivel del mar.
- La orientación del viñedo, tradicionalmente enfocada a grandes insolaciones, tratando de evitar las fuertes insolaciones matinales que en gran medida provocan la pasificación y el aumento de grado alcohólico probable en nuestra uva.
- Adecuación de los sistemas de conducción. En la región vitícola del Priorato, donde se llevan años sucediendo estos problemas climáticos, es común ver el “estacado” donde las cepas en vaso están guiadas por un palo de madera y de este modo poder sujetar la vegetación en forma arbórea para que sea esta propia vegetación la que proteja de la radiación solar a las bayas.
- Por último, si la situación continúa en esta dirección, el viñedo se deberá establecer en otra localización. Estamos hablando de modificar la actual distribución del viñedo nacional.

Mientras, durante la elaboración y tras la fermentación alcohólica se están dando procesos y nuevas técnicas para solventar la problemática del exceso de grado alcohólico tales como las citadas en el punto 2 de este documento.

La justificación final a la elaboración de este trabajo es la de continuar con los estudios sobre el uso de diálisis con membranas de nuestros anteriores compañeros (Merino, 2019), (Zapatero, 2020).

4. Objetivos

El objetivo principal del presente documento es, como ya hemos citado, continuar y completar los estudios de desalcoholización mediante diálisis realizados previamente en nuestra Escuela. Dicho esto, podemos plantear dos objetivos claros y concretos para la elaboración de este trabajo:

- El primero, cuantificar la disminución de grado alcohólico mediante diálisis con membrana aplicado a un vino blanco obtenido de uvas de la variedad Verdejo.
- El segundo, comprobar la existencia o no de cambios químicos y organolépticos significativos entre el vino inicial y el final, que pudieran hacer desaconsejable este proceso frente a la normativa de la OIV o para el gusto del consumidor final.

Para la disminución de grado alcohólico mediante diálisis con membrana, se decidió trabajar con la membrana que mejores resultados dio en los trabajos anteriores, la PLGC 15005 de la casa comercial Merck. El objetivo es la demostración de una bajada de grado alcohólico significativa, sin sobrepasar los 2% vol. permitido por la OIV.

En cuanto a los cambios químicos y organolépticos, debemos comentar que los vinos se han sometido tanto a analíticas de laboratorio como a una cata por jueces no entrenados, para comprobar si existen cambios relevantes entre el vino patrón y el vino resultante.

Como objetivo final de este trabajo se pretende clarificar, en función de los resultados obtenidos de este proyecto, la duda sobre si el método de diálisis con esta membrana concreta podría ser útil en el mundo vitivinícola ante la problemática del exceso de grado alcohólico. Y, de ser factible, que este trabajo sea “el pie de cuba” de futuros estudios para la industrialización de este proceso.

5. Materiales y métodos

5.1. Vinos

Para los experimentos se ha utilizado un vino blanco de la variedad Verdejo, elaborado en la bodega de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (ETSIAA) de la Universidad de Valladolid, en el campus de Palencia. Este vino fue elaborado en la campaña 2018 hablando en términos enológicos, o en el año académico 2018-19 por alumnos de Grado en Enología.

Se homogeneizaron 14 botellas de este Verdejo del 2018 en una lechera de 20 litros ubicada en una sala de almacenaje de la ETSIAA a unos 16°C. Posteriormente se dejó en reposo en una cámara frigorífica a 5°C casi una semana (desde el 10.02.2021 hasta el 16.02.2021) para poder realizar una clarificación estática en frío y de este modo eliminar los sedimentos gruesos que pudieran interferir en el estudio.

Tras el trasiego se llevó a cabo su embotellado recuperando una cantidad de 11 botellas, de las cuales 8 irían destinadas para realizar los ensayos de filtrado del vino mediante diálisis y las otras 3 se conservarían a modo de vino testigo, sin ningún tipo de procedimiento. Estas divisiones vienen dadas por la necesidad de realizar una cata con un número alto de jueces (40 sería un número deseable) para discriminar que los vinos sean significativamente diferentes tras el proceso de diálisis y teniendo en cuenta la necesidad de al menos una botella del vino testigo y otra botella del vino filtrado para realizar los pertinentes análisis químicos.

5.2. Equipo de diálisis

El ensayo de diálisis lo realizamos en las instalaciones del Grupo de Superficies y Materiales Porosos (SMAP) de la Universidad de Valladolid, sitas en la Facultad de Ciencias de Valladolid. Se trata de una unidad asociada al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) a través del Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (RETEMA, 2016). En esta localización nos encontramos con el equipo de filtración necesario para realizar la primera parte del trabajo, a falta del vino procedente de la ETSIAA, como ya se ha dicho.

El equipo de diálisis (**Figura 1**) para el filtrado del vino consta de:

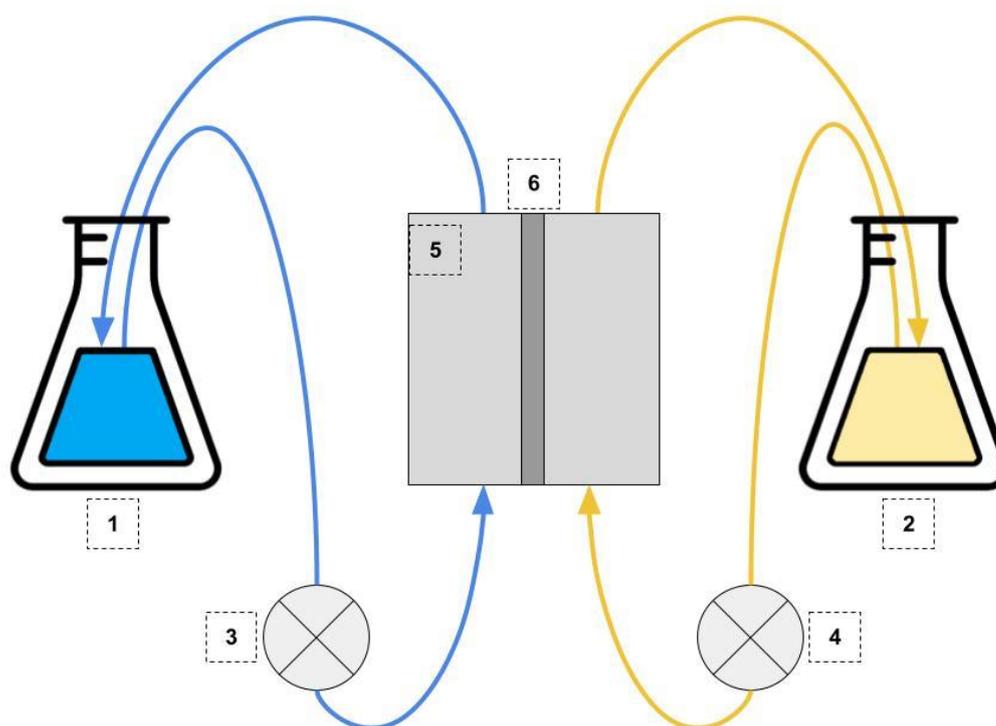


Figura 1. Sistema de diálisis. 1. Matraz con agua desionizada; 2. Matraz con vino; 3. Bomba de alimentación del dialisato; 4. Bomba de alimentación del vino; 5. Celda para la membrana de diálisis; 6. Membrana. (Fuente: elaboración propia)

1. Matraz Erlenmeyer de 2l de capacidad con agua destilada y desionizada: el agua se obtenía a partir de agua destilada mediante un equipo Milli-Q que suministra agua ultrapura con casi total ausencia de cargas disueltas. Ello permite una mejor correlación entre la toma de muestras y el resultado refractométrico. (Yoshida et al., 1983)
2. Matraz Erlenmeyer de 2 l con el vino blanco de la variedad Verdejo electo para nuestro experimento, ya descrito con anterioridad.
3. Bomba de alimentación del dialisato. Se trata de una pequeña bomba peristáltica de la casa comercial Eheim modelo 1048 con una capacidad teórica máxima de 600 l/h.
4. Bomba de alimentación del vino. Exactamente igual y con las mismas características que la bomba de alimentación del agua ultrapura.
5. Celda de metacrilato con juntas de teflón para garantizar la estanqueidad y tornillería de acero inoxidable para evitar interferencias oxidativas en el proceso.
6. Membrana PLGC 15005 de la casa comercial Marck cuyas especificaciones técnicas serán comentadas en el siguiente apartado.

Ambas bombas trabajan de forma independiente para cada líquido, de manera que cada bomba hace recircular constantemente el vino y el agua por uno de los lados de la membrana. Esto crea una diferencia de concentración entre ambas soluciones de forma que, por gradiente osmótico, algunas de las especies contenidas en el fluido más concentrado (el vino) tenderán a atravesar la membrana hasta igualar su concentración respectiva en ambos lados. Ahora bien, la membrana ha sido elegida para que no todas las sustancias disueltas en el vino pueden atravesarla, de forma que al final es el alcohol

mayoritariamente el que pasa del vino al agua, disminuyendo el primero su contenido en etanol.

Para que el proceso se pueda realizar de forma efectiva el sistema de diálisis ya estaría completo. Sin embargo, para poder cuantificar durante la diálisis la eficiencia del proceso necesitamos controlar el contenido en alcohol que se ha ido transfiriendo entre ambos recipientes. Para ello utilizaremos un refractómetro diferencial que nos permite tomar medidas en distintas muestras de vino a lo largo del proceso y determinar su contenido en alcohol. Asimismo, un baño termostático nos permite mantener la temperatura constante en el refractómetro, necesaria para que el calibrado nos permite convertir datos de índice de refracción en contenido de alcohol. Finalmente, también se han utilizado otros instrumentos destinados a la analítica del proceso que serán descritos más adelante en este documento en el apartado de métodos analíticos.

5.3. Membrana PLGC 15005

Membrana de Ultrafiltración obtenida de la empresa Merck Life Science S.L., entre sus características técnicas (Merck, s. f.) más notables para nuestro experimento cabría destacar:

- Material: esta membrana se comercializa en forma de discos de ultrafiltración compuestos de celulosa regenerada, sobre un soporte polimérico. Se trata de membranas asimétricas con una capa activa más fina que gobierna las características de retención, seguida por una capa soporte de mayor espesor y poros más abiertos, que sirve para dar estabilidad hidrodinámica al conjunto (**Figura 2**).
- Diámetro del filtro (\varnothing): 150 mm. El disco se recortó posteriormente para adaptarlo a las dimensiones rectangulares de la celda. Las medidas útiles para nuestro experimento son, por tanto, 6 cm de ancho por 12,5 cm de alto.
- Peso molecular nominal de corte (NMWCO): 10 kDa. También llamado peso molecular nominal límite (NMWL), es el valor definido por el fabricante correspondiente al peso molecular del soluto que es retenido en al menos un 90% por la membrana dada. Se considera dicho valor como el límite entre los pesos moleculares de las sustancias que pasan o no pasan por la membrana.
- Rango pH: 2-12.
- Temperatura de trabajo: 4-121°C.
- Aplicaciones comerciales específicas: purificación de proteínas, concentración de proteínas de acuerdo con las especificaciones del fabricante. En cualquier caso, como ocurre con la mayoría de las membranas comerciales, son membranas válidas en todos los procesos de Ultrafiltración de su rango de pesos moleculares.

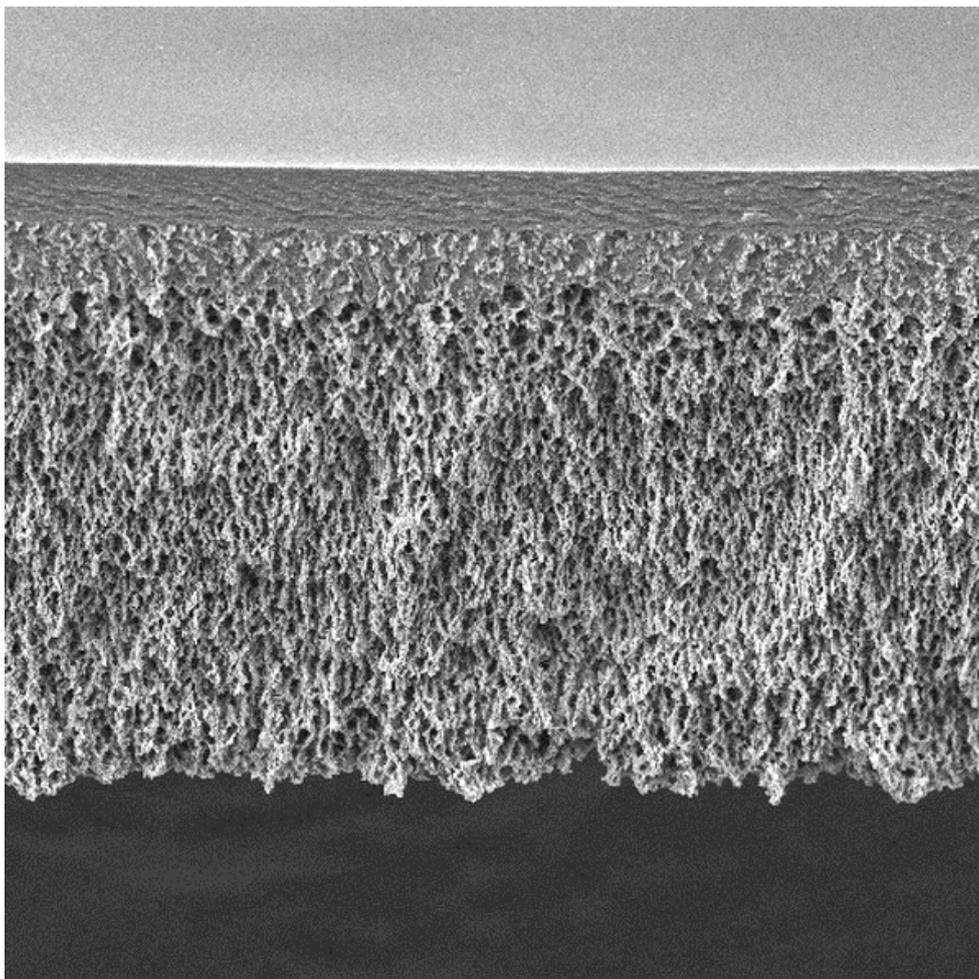


Figura 2. Corte transversal de la membrana PLGC15005, observada al microscopio electrónico de barrido, mostrando la estructura de dos capas (capa activa en la parte superior y soporte en la parte inferior) que la forman. (Fuente: catálogo comercial de Merck Millipore)

Como ya hemos comentado, esta membrana ha sido elegida ya que se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a velocidad y viabilidad a la hora de realizar desalcoholización parcial del vino experimento con la utilización de este modelo. (Merino, 2019), (Zapatero, 2020).

5.4. Métodos analíticos

5.4.1. Refractómetro diferencial

Para poder controlar si la desalcoholización se estaba llevando a cabo y cuantificarla durante los ensayos de diálisis se nos hacía necesario la utilización de:

- Un refractómetro diferencial modelo DD-5 de la compañía Atago Co., de Japón.
- Un criotermostato de circulación Frigoterm TFT-10 de la casa Selecta, para mantener un control de temperatura constante (en nuestro caso establecido en 20°C) y mantener de este modo unas condiciones equilibradas a la hora de la toma de medidas.
- Dos jeringuillas de 5 ml destinadas la calibración y toma de medidas para el refractómetro.

- Una pipeta de 5 ml y otra de 15 ml para realizar una dilución del vino y que, de esta forma, el refractómetro sea capaz de abarcar el rango. El refractómetro no abarca más de 6,5% vol. de alcohol, por lo que todas las tomas que superen este valor han de ser diluidas.
- Una celda de metacrilato con juntas de teflón y tornillería de acero inoxidable.
- Tubos de silicona inerte para conectar entre sí las bombas con la celda de membrana y la recirculación a los recipientes (matraces) tanto del vino como del dialisato¹.
- Parafilm®, lámina termoplástica deformable para sellar ambos matraces de recirculación tras la toma de muestras.

Todo este equipo nos permite determinar la cantidad de alcohol que se recupera durante el proceso y estimar la concentración de alcohol en el vino mientras se realiza el proceso de diálisis. Para obtener estos resultados el refractómetro se calibra al inicio de cada sesión. En primer lugar, el criotermostato se mantiene a una temperatura de 20°C para que todas las medidas se tomen en las mismas condiciones, en segundo lugar, se introduce agua desionizada en el refractómetro para fijar el cero del dispositivo de medida.

Para interpretar los datos obtenidos durante el proceso, es necesario disponer de una recta de calibrado (**Figura 3**) para relacionar el contenido de alcohol con las medidas del refractómetro, que puede resumirse en una tabla (**Tabla 1**). Dicha recta de calibrado fue establecida en años anteriores por Silvia Teresa Gallego, que la calculó a partir de muestras de diferentes concentraciones de alcohol en volumen mediante diluciones en matraces aforados de 100 ml.

Tabla 1: Datos del calibrado.

% EtOH (v/v)	V EtOH (ml)	Medida Refractómetro
0,5	0,5	0,026
1,0	1,0	0,060
1,5	1,5	0,090
2,0	2,0	0,128
2,5	2,5	0,155
3,0	3,0	0,196
3,5	3,5	0,222
4,0	4,0	0,260
4,5	4,5	0,294
5,0	5,0	0,340
5,5	5,5	0,374
6,0	6,0	0,415
6,5	6,5	0,434

¹ Término para referir a la disolución de menor concentración en el proceso de diálisis.



Figura 3: Recta de calibrado

Cuando el ciclo de desalcoholización comenzaba se iban tomando muestras de 5 ml del matraz conteniendo el vino, para poder controlar el proceso. Esta toma de medidas era orientativa para poder saber si el equipo de diálisis estaba funcionando correctamente y la disminución de grado se lograba, por ello, los intervalos entre medidas sucesivas no se controlaban de manera precisa. No obstante, la medida inicial y final se realizaban de forma ineludible. Por otro lado, y dado que los valores del contenido en alcohol de partida eran superiores a los contenidos en la recta de calibrado, las muestras se diluían 1:3 con agua Milli-Q a fin de que no sobrepasaran el límite de detección del refractómetro. Finalmente comentar que, en este trabajo, no se tomaron medidas del contenido en alcohol del recipiente de dialisato ya que nos centramos en la bajada de contenido alcohólico del vino filtrado.

En las siguientes secciones explicamos brevemente los análisis químicos que han sido realizados al vino patrón u original y al vino dializado o filtrado. Todos los análisis se han hecho por duplicado para reducir los errores de medida. Se puede encontrar una explicación más detallada en (García Barceló, 1990), que tomamos como referencia.

5.4.2. pH

La medida del pH se basa en la diferencia de potencial entre el electrodo de referencia y el de medida. Se trata de una toma directa que fue realizada con uno de los pH-metros que la bodega de la ETSSIIAA posee.

5.4.3. Acidez total

Esta determinación fue llevada a cabo mediante el método potenciométrico. El método es simple, en un vaso de precipitados de 100 ml se toman 20 ml del vino a valorar, se introduce el pH-metro (asegurándose siempre que este esté midiendo) y se va añadiendo NaOH 0,1 N, de factor unidad, hasta alcanzar un pH = 7. Tras realizar esto tenemos la siguiente fórmula:

$$g/l_{\text{ácido tarárico}} = V_{NaOH} \times 0,75$$

5.4.4. Acidez volátil

Se determinó por un volatímetro de la marca GAB System. Realizada con el Método García Tena en el que se llevan a destilar 11ml de vino de los cuales se desechan los 5,1 ml primeros se toman los 3,2 ml siguientes del destilado para realizar la valoración. A estos 3,2 ml se les añaden dos gotas de fenolftaleína y se valora con NaOH 0,01 N hasta alcanzar un viraje a color rosa y anotando el volumen de NaOH gastado:

$$g/l_{\text{Acido acético}} = V_{\text{NaOH}} \times 0,18$$

5.4.5. Grado alcohólico

Sin duda la valoración más importante dentro de este trabajo, ya que es el que nos va a determinar si los datos del refractómetro diferencial DD-5 del SMAP nos ha estado dando las medidas correctas. Se llevó a cabo por ebulloimetría con un equipo de la compañía GAB System. Es un método sencillo que se fundamenta en la diferencia existente entre los puntos de ebullición del agua y el alcohol. Se toman ambas temperaturas de ebullición de manera directa y mediante unas regletas especiales conocemos el grado alcohólico del vino.

5.4.6. IPT

Para el índice de polifenoles totales (IPT) se empleó un espectrofotómetro UV-VIS de la marca LAN OPTICS serie 2000. Primero se debe realizar un blanco con agua destilada y se introduce en el espectrofotómetro en una cubeta de cuarzo y se mide su absorbancia una longitud de onda de 280 nm para calibrar el aparato. Posteriormente se debe diluir la muestra de vino 1:10 en agua destilada y se introduce en una cubeta de cuarzo para medir la absorbancia a la misma longitud de onda.

5.4.7. Índice de color

Fue realizado mediante el método de Glories con el mismo espectrofotómetro del punto anterior. En este caso se debe someter a un clarificado mediante centrifugación, el resto del procedimiento es similar al de los IPT solo que sin diluir la muestra y con cubetas de vidrio. La absorbancia se mide en una longitud de onda de 420 nm.

5.4.8. SO₂ Total y Libre

Medidas realizadas directamente mediante valorador de sulfuroso SO₂-Matic 23 de la casa comercial CRISON el cual posee una bureta para el yodo y dos bombas que automatizan la adición del reactivo ácido y del reactivo álcali.

Con los datos obtenidos de los análisis químicos, se procedió a la realización de un tratamiento estadístico mediante análisis de varianza (ANOVA), para comprobar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de vinos. Para ello, se utilizó la versión 24.0 del programa estadístico IBM SPSS Statistics.

5.5. Métodos de análisis sensorial

Para realizar las pruebas de análisis sensorial se logró la participación de un total de 33 jueces con nociones básicas en la cata de vinos, pero no entrenados, puesto que, casi todos ellos eran estudiantes del Grado en Enología de la misma Universidad de Valladolid.

Las pruebas descritas a continuación fueron realizadas en la sala de cata que posee la ETSIIAA en cabinas individuales diseñadas de acuerdo con la norma UNE- ISO 8589 (AENOR, 2010).

5.5.1. Prueba triangular

Esta prueba de evaluación sensorial se llevó a cabo siguiendo toda metodología descrita en la norma ISO 4120:2004 (ISO, 2004). Esta prueba tiene como objetivo determinar si existe diferencia o similitud sensorial perceptible entre muestras de dos productos, en nuestro caso dos vinos.

Todas las muestras han de ser preparadas antes de que los jueces se sienten delante y numeradas con relación a un código aleatorio.

Los catadores reciben un conjunto de 3 muestras (una tríada) y se les ha de informar de que dos de las muestras son iguales y una diferente, posteriormente han de señalar la muestra que creen que es diferente incluso si se basan en una suposición.

Tras realizar esta evaluación al total de los jueces se contabiliza el número de respuestas correctas y se determina la significación en función a una tabla estadística según dicha norma ISO.

5.5.2. Prueba CATA (*Check-All-That-Apply*)

La prueba de análisis sensorial también llamada “Check-All-That-Apply” (Jaeger et al., 2015), es una alternativa al análisis descriptivo clásico, caracterizada por su facilidad de uso con consumidores. Consistió en presentar a los consumidores una lista de 16 términos, incluyendo tanto aspectos sensoriales como hedónicos, para que indicaran qué descriptores o características describían cada muestra (vino patrón y vino dializado). Estos 16 descriptores fueron:

Limpio, Ácido, Con volumen en boca, Amargo, Aroma intenso, Tropical, Frutal, Cítrico, Anisado, Herbáceo, Balsámico, Oxidado, Reducido, Persistencia intensa, Me gusta y No me gusta.

Para los datos de la técnica CATA, se determinó la frecuencia de citación de cada atributo en el cuestionario contando el número de jueces que utilizaron esa palabra para describir cada muestra de vino (Ares et al., 2011). Se realizó el test Q de Cochran (Manoukian, 1986) para identificar diferencias significativas entre cada muestra de vino para cada uno de los atributos. De nuevo se empleó la versión 24.0 del programa estadístico IBM SPSS Statistics.

6. Resultados y discusión

6.1. Resultados de proceso de diálisis

En este apartado se detallarán todos los resultados obtenidos mediante esta técnica de diálisis.

Primero de todo en la siguiente tabla (**Tabla 2**) serán introducidos los datos de las condiciones térmicas a las que estaba sometido el proceso.

Tabla 2: Condiciones de ensayo

Condiciones de la diálisis	
Caudal (l/min)	2,2
Temperatura criotermostato (°C)	20
Temperatura agua desionizada (°C)	21
Temperatura vino (°C)	15
Temperatura sala de ensayo (°C)	19

La diálisis del vino fue realizada en tres sesiones distintas, sin embargo, estas condiciones detalladas en la tabla anterior se mantuvieron constantes. El régimen de caudal de las bombas con anterioridad, como ya hemos visto, es mayor al empleado. El agua desionizada salía a esta temperatura del equipo Milli-Q, el vino se mantenía en una cámara frigorífica a 15°C para evitar de este modo la pérdida de compuestos volátiles importantes. En cuanto a la temperatura de la sala no fue difícil controlarla a una temperatura constante gracias a la ayuda de un termostato.

Los datos del refractómetro recogidos durante las tres sesiones están reflejados en las tablas (**Tabla 3**), (**Tabla 4**) y (**Tabla 5**). En dichas tablas se presenta para cada toma el valor del contenido en alcohol dentro del recipiente correspondiente al vino, valor obtenido tras aplicar al índice de refracción, medido en el refractómetro la conversión de la correspondiente curva de calibrado.

Tabla 3: Datos recopilados durante la primera sesión de diálisis

Hora	10:30	12:00	14:10	13:30	17:20	18:00	18:07
% EtOH	9,81	9,44	9,16	8,93	8,75	8,70	8,70

Tabla 4: Datos recopilados durante la segunda sesión de diálisis

Hora	9:32	11:00	17:30	18:15
% EtOH	9,90	9,58	8,79	8,70

Tabla 5: Datos recopilados durante la tercera y última sesión de diálisis

Hora	10:15	11:25	14:00	15:20	18:15	18:45
% EtOH	9,90	9,67	9,30	9,16	8,88	8,70

Estos valores tomados durante las sesiones no tienen la consideración de determinación oficial del contenido en alcohol resultante, sino que fueron tomados para comprobar que el experimento iba resultando y realizar una aproximación de la reducción del grado alcohólico volumétrico durante las sesiones, de forma que fuera similar en cada una de

las sesiones. El grado alcohólico volumétrico, como el resto de los análisis químicos, tanto del vino patrón como el del vino dializado final, fueron determinados de forma oficial mediante los procedimientos anteriormente comentados en el punto 5.4. Comentar como resumen, que la duración total de las tres sesiones de diálisis (desde que comenzó el proceso de diálisis hasta que, se tomó la última muestra de concentración y se paró el sistema) fue de 8 h, a fin de poder comparar lo mejor posible los resultados de los tres ensayos. No obstante, la última toma de muestra para su medida refractométrica se tomó después de haber parado el sistema, mientras que la primera se tomó en algún caso antes de lanzar el proceso, con lo cual el tiempo aparente es ligeramente mayor (en torno a las 8:30 h).

Una vez se terminó el proceso de diálisis estos vinos resultantes fueron homogeneizados y embotellados de nuevo a pesar de que, como vemos en las tablas anteriores (**Tabla 3**), (**Tabla 4**) y (**Tabla 5**), el porcentaje de etanol resultante es prácticamente el mismo. Así nos aseguramos de no cometer errores considerando las botellas para analíticas y para la cata exactamente iguales, puesto que no podríamos saber con exactitud si en alguna de esas sesiones se pudiera haber perdido más caracteres químicos u organolépticos que en otra sesión distinta.

6.2. Resultados de los análisis químicos

En enología se considera que la toma de muestras en el vino es relativamente sencilla, puesto que se trata de un líquido homogéneo o fácilmente homogenizable. Sin embargo, cabe reseñar, que la toma de muestras es una de las etapas más críticas del proceso de medida química, ya que es donde comúnmente pueden cometerse errores que luego afectarán al resultado analítico. Por esto mismo y, como ya hemos comentado en el punto 5.4., todas las analíticas realizadas, tanto del vino patrón como del vino resultante tras el proceso de diálisis, han sido sometidas a una repetición. De esta forma nos aseguramos, en cierta medida, de que la toma de muestras y los datos analíticos resultantes tienen menor error de medida.

Tabla 6: Resultados de las analíticas realizadas en los vinos (valores medios y desviaciones estándar)

	VINO TESTIGO	VINO FILTRADO
pH	3,24±0,02 ^b	3,04±0,01 ^a
Acidez total (g/l ácido tartárico)	4,6±0,06 ^b	4,2±0,00 ^a
Grado alcohólico (% vol.)	9,90±0,00 ^b	8,70±0,00 ^a
IPT (Índice de Polifenoles Totales)	5±0,05 ^b	4±0,16 ^a
Color	0,094±0,002 ^a	0,084±0,003 ^a
Acidez volátil (g/l ácido acético)	0,34±0,01 ^a	0,30±0,02 ^a
Sulfuroso libre (mg/l)	43±2 ^a	29±6 ^a
Sulfuroso total (mg/l)	98±21 ^a	103±4 ^a

*Superíndices con letras distintas (x^a, x^b) en la misma línea indican diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras de vino.

Una vez recopilados todos los datos obtenidos de los análisis químicos, se procedió a la realización de un tratamiento estadístico mediante análisis de varianza (ANOVA), con la intención de comprobar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de vinos (testigo y filtrado). Los resultados de estos análisis de manera conjunta con el tratamiento estadístico están plasmados en la **Tabla 6**. Como podemos observar, se han encontrado diferencias significativas entre las dos muestras en cuatro de los ocho parámetros químicos analizados. Se trata del pH, la acidez total, el grado alcohólico y el índice de polifenoles totales.

El pH corresponde a la concentración de hidrogeniones en un medio (Sotomayor, 1987). A pesar de que los valores de ambas muestras poseen diferencias estadísticamente significativas, varía muy poco.

Como ya hemos dicho, en cuanto a los resultados de las analíticas de acidez total, sí encontramos diferencias significativas entre el vino patrón y el vino sometido a diálisis pudiendo encontrarnos con una disminución de 0,4 g/l en ácido tartárico en el vino filtrado. Cabe citar que con un valor de 4,2 g/l TH₂ en un vino tranquilo nos encontramos por debajo de los valores permitidos según el reglamento comunitario (DOUE-L-1994-80354, 1994), a excepción de España y Portugal donde este límite es de 3,5 g/l TH₂. El vino patrón posee un valor de AT muy cercano a los límites por lo que, en estudios posteriores, sabiendo que al realizar la diálisis se disminuye algo el valor de la acidez total convendría la elección de un vino inicial con algo más de esta por cuestiones de calidad.

El índice de polifenoles totales también se ve modificado de forma significativa, por lo que encontramos alguna modificación de los anillos bencénicos característicos de los compuestos fenólicos tras el proceso. La caída de IPT es normal tras un proceso de filtrado y nuestro proceso de diálisis no se aleja mucho del concepto puro de filtrado, por lo que tras este método podemos normalizar la caída tanto de IPTs como de color.

En cuando al color no encontramos diferencias significativas lo que nos indica que no sufre oxidaciones ni pardeamientos tras la diálisis. Pero, como podemos observar en los resultados de las analíticas la tendencia de color es a la baja. A parte de la explicación en el párrafo anterior, durante las horas del vino sometido al proceso de diálisis se produce un pequeño barboteo lo que da lugar a una microoxigenación. La microoxigenación puede dar una mayor estabilidad de la materia colorante que da como resultado pequeñas caídas de color.

En lo que, a la acidez volátil, sulfuroso libre y sulfuroso total se refiere, los resultados de los análisis entre ambos vinos no muestran diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, sí que vemos alguna ligera modificación entre los valores de ambos vinos. Esto puede ser debido a que, a pesar ha tratado mantener una atmósfera inerte con ayuda de PARAFILM®, el oxígeno ha podido irrumpir dentro del proceso. Esto se podría solucionar con la industrialización del proceso con algún sistema de vacío y dejando atrás el tapar de forma arcaica. Cabe destacar que los análisis de SO₂ total del vino patrón presentan un error muy grande de medida, debido a una diferencia importante entre las dos medidas obtenidas, para conseguir mayor precisión sería necesario aumentar el número de repeticiones de las medidas.

El último parámetro analítico por comentar, como no podría ser de otra forma, es el grado alcohólico puesto que se trata del objetivo fundamental de este proyecto. Los resultados de los grados alcohólicos medidos por refractometría (durante el proceso de diálisis) y los resultados analíticos llevados a cabo por ebulloimetría son razonablemente similares. No obstante, los datos tomados por el refractómetro solo nos sirven de manera orientativa para ver que el proceso estaba funcionando correctamente y solo los análisis llevados a cabo mediante ebulloimetría en el laboratorio de la ETSIIAA son los que vamos a tomar en consideración. Dicho esto, podemos observar que hemos logrado

rebajar el grado alcohólico un 1,2% vol. en sesiones de 8h, resultados muy prometedores para seguir en esta línea de trabajo.

6.3. Análisis sensorial

6.3.1. Prueba triangular

Para la realización de esta prueba se sigue toda la metodología de la norma ISO (4120:2004) (ISO & others, 2004)

Durante la sesión de esta prueba de análisis sensorial a los jueces se les presentaban de manera aleatoria y con códigos de tres cifras, tres copas de vino, de las cuales, dos eran iguales y una era distinta, utilizando las 6 combinaciones posibles entre el vino patrón y el filtrado. Los catadores debían determinar cuál de las tres copas tenía el vino diferente y de esta manera ver si eran capaces de apreciar diferencias organolépticas detectables entre el vino patrón y el vino sometido al proceso de diálisis. Estos resultados están recogidos en la siguiente tabla (**Tabla 7**):

Tabla 7: Resultados prueba triangular

	Número de catadores	Porcentaje (%)
Acierto	14	42
Fallo	19	58
Total	33	100

Siendo:

- Acierto: “El juez **acertó** cual era el vino distinto”
- Fallo: “El juez **no** acertó el vino distinto”

Según los resultados, de los 33 jueces que participaron en la prueba el número de jueces que han identificado correctamente la muestra diferente es de 14. Consultando la tabla A.1 de la norma UNE para un nivel de riesgo $\alpha = 0,05$ podemos concluir que los jueces no han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras de vino (testigo y filtrado), o lo que es lo mismo, 14 respuestas correctas no son suficientes para concluir que las dos muestras de vino presenten diferencias perceptibles.

Según la norma ISO 4120:2004 (ISO & others, 2004) el valor mínimo de aciertos para encontrar diferencias significativas entre las muestras con un 95% de confianza y 33 jueces es de 17. Puesto que tenemos tan solo 14 aciertos no podemos concluir que haya diferencias organolépticas apreciables.

Conviene calcular un intervalo de confianza sobre la proporción poblacional que puede percibir una diferencia entre las muestras.

- Proporción correcta (p_c):

$$p_c = x/n = \frac{14}{33}$$

- Proporción de sujetos que percibe diferencia (\hat{p}_d):

$$\hat{p}_d = 1.5 \times p_c - 0,5 = \frac{3}{22} = 0,136$$

- Desviación estándar de \hat{p}_d : (s_d)

$$s_d = 1.5 \sqrt{\frac{p_c \times (1 - p_c)}{n}} = 0,129$$

- Límite de confianza superior (lcs):

$$lcs = \hat{p}_d + z_\alpha s_d = 0,35$$

- Límite de confianza inferior (lci):

$$lci = \hat{p}_d - z_\alpha s_d = -0,08$$

Siendo $x = 14$ el número de respuestas correctas, $n = 33$ el número de jueces y el coeficiente $z_\alpha = 1,64$ para una confianza del 95%.

Dado que, con nuestros datos, obtenemos un valor de lci igual a -0,08 y un valor de lcs de 0,35, podemos concluir, con un 95% de confianza, que el porcentaje de la población que efectivamente es capaz de percibir una diferencia es menor del 35%. De hecho, el límite de confianza inferior es negativo lo que da cuenta de la proximidad de nuestros resultados a seleccionar la muestra diferente de manera aleatoria, es decir, que las diferencias organolépticas, de haberlas, han de ser poco notables.

6.3.2. Prueba CATA (Check-All-That-Apply)

Como ya hemos citado en el punto 5.5.2. de esta memoria, el objetivo de este análisis es identificar diferencias significativas entre cada muestra de vino para cada uno de los atributos sensoriales que se han estudiado.

Tras introducir los valores en el programa IBM SPSS Statistics, versión 24.0, que cada catador asignó a los vinos, conocemos los niveles de significación para la realización del test Q de Cochran. Si la significación $> 0,05$ no hay diferencias significativas entre las muestras. En la siguiente tabla (**Tabla 8**) encontramos la frecuencia de citación que dieron nuestros jueces a los vinos sometidos a esta prueba sensorial, así como los resultados de la prueba Q de Cochran:

Tabla 8: Frecuencia con la que los 33 jueces utilizaron los términos de CATA para describir cada muestra y resultados de la prueba Q de Cochran

NÚMERO	ATRIBUTO	MUESTRAS	
		VINO TESTIGO	VINO FILTRADO
1	Limpio ^{ns}	24	21
2	Volumen en boca ^{ns}	5	5
3	Amargo ^{ns}	10	13
4	Ácido ^{ns}	19	23
5	Frutal ^{ns}	14	12
6	Cítrico ^{ns}	16	20
7	Tropical ^{ns}	5	8
8	Herbáceo ^{ns}	12	9
9	Balsámico ^{ns}	4	5
10	Reducido ^{ns}	3	4
11	Anisado ^{ns}	6	7
12	Aromático ^{ns}	15	10
13	Persistente ^{ns}	9	10
14	Oxidado ^{ns}	1	3
15	Me gusta ^{ns}	10	10
16	No me gusta ^{ns}	16	18

El superíndice **ns** Indica diferencias no significativas ($p > 0,05$) de acuerdo con el test Q de Cochran

Como observamos en la tabla en ninguno de los atributos encontramos diferencias significativas entre las muestras.

Para comentar algún parámetro quizá será más visual representar la tabla anterior mediante una gráfica (**Figura 4**)



Figura 4: Frecuencia con la que los 33 jueces utilizaron los términos de CATA para describir cada muestra

A pesar de que no hubo diferencias estadísticas cabe realizar los siguientes comentarios:

- A un mayor número de consumidores le resultó más limpio y menos oxidado el vino patrón que el vino sometido a diálisis. Esto nos puede dar algún indicio de que en la manipulación del vino tras embotellar dos veces y someter el vino al proceso de diálisis resulte con algo más de precipitados y ligeramente más oxidado, sin embargo, la diferencia no es tan grande como para asegurar esta conjetura.
- Es llamativo también el encontrar el vino dializado con una menor concentración de acidez total y en cambio un mayor número de jueces lo encontrase más ácido. Sin embargo, esta conclusión del panel de jueces es consistente con la analítica realizada, donde el vino filtrado presenta un valor de pH ligeramente inferior, aún con contenido inferior de la acidez total y volátil.
- Los consumidores también encontraron al vino sometido a diálisis más tropical y menos herbáceo que el vino original. Notaron un vino dializado con mayor amargor, sin embargo, más cítrico.
- Cabe también decir que el vino filtrado parece ser que pierde algo de aromaticidad a pesar de que se trató de mantenerlo en frío durante todo el proceso, aun así, los consumidores notaron una leve pérdida de componentes volátiles. Como comentaremos en las conclusiones, habría que optimizar el proceso para evitar esa pérdida.
- Tenemos un equilibrio de opiniones en cuanto a que el vino resulte agradable al consumidor y una pequeña desventaja para el vino dializado de dos jueces más que no les gustó ese vino en comparación al vino patrón. Pero en conjunto se puede decir que la aceptabilidad del vino filtrado es comparable a la del vino original.

7. Conclusiones

Tras presentar todos los resultados obtenidos en el trabajo, así como comentarlos y discutirlos convenientemente, podemos llegar a obtener varias conclusiones que intentaremos relacionar con las hipótesis y objetivos que motivaron este Trabajo de Fin de Grado.

Para ello comenzaremos por recordar los dos objetivos recogidos en el apartado 4 de esta memoria:

- Realizar la desalcoholización parcial de un vino blanco de la variedad verdejo mediante un proceso de diálisis con membrana.
- Estudiar la existencia o no de cambios químicos y organolépticos significativos entre el vino inicial y el final.

En cuanto a la desalcoholización por los resultados obtenidos observamos que la diálisis por membrana se trata de un proceso válido para disminuir el grado alcohólico de manera substancial, logrando en este ensayo un descenso de un 1,2% vol. en 8 horas de sesión. En (Zapatero, 2020) se logra, con la misma membrana (PLGC 15005), un descenso de 1,5% vol. en 8,5 h con lo que si hubiera necesidad de descender aún más el grado alcohólico e incluso llegar al máximo descenso de 2% vol. permitido por la OIV del vino objeto de ensayo se podría aumentar el tiempo de las sesiones de diálisis.

Hemos visto que también la acidez total desciende tras el proceso. Conviene que para experimentos futuros el vino inicial a dializar posea una mayor acidez total a fin de evitar restricciones legales dentro de toda la Unión Europea como para obtener un producto final de mayor calidad.

El proceso de desalcoholización parcial de vinos blancos mediante diálisis por membrana, además, es un proceso económico y con un bajo impacto ambiental por lo que puede ser tomado en consideración para aplicaciones industriales. La única objeción a este precepto sería el tamaño de la celda que contiene la membrana puesto que, en nuestro caso, se realizó con membrana plana y el régimen de vino a dializar se encontraba con un máximo de 2L. No obstante, la mayor ventaja que presentan los procesos de membrana es que son completamente escalables, pudiendo realizarse configuraciones que contengan áreas de membrana claramente superiores, capaces de tratar en el mismo tiempo, volúmenes mucho mayores de vino de partida. En este sentido la membrana utilizada se puede adquirir en forma de cartuchos espirales donde las distintas hojas de membrana planas se encuentran apiladas y enrolladas en espiral obteniendo superficies de filtración del orden de 1-2 m² y pudiéndose conectar en paralelo varios de estos módulos espirales.

Otro punto a tener en cuenta para mejorar la eficiencia del proceso a nivel industrial consistiría en el control de la temperatura. Poder realizar la diálisis a temperaturas inferiores (por ejemplo, por debajo de 6-8°C) permitirá, como se indicó en la introducción, realizar la desalcoholización con menores pérdidas organolépticas del vino filtrado. En particular sería esperable un vino con menor grado de oxidación. Aunque como vemos por las pruebas de análisis sensorial realizadas, este no es uno de los problemas que presenta este vino, sí que se observa un ligero aumento de la sensación de oxidación que, presumiblemente, quedaría disminuida trabajando a menor temperatura y con una atmósfera mejor controlada. La ventaja de la diálisis, comparada con otros métodos de filtración por membrana es que, al trabajar sin presión a través de la membrana, la oxidación debida al bombeo prácticamente desaparece.

Para el segundo objetivo podemos comentar que la estimación de la probabilidad de sujetos que percibe diferencia entre el vino patrón y el vino sometido al proceso es baja, de un 13,6%. Por tanto, podemos considerar este resultado como un valor prometedor

para seguir con este proceso en líneas futuras de investigación e incluso de procesos comerciales. Aun así, a pesar de que en la norma ISO 4120:2004 esté estipulado que son suficientes de 24 a 30 jueces para una prueba de diferencias no significativas, también está escrito que son necesarios 60 catadores para tener una sensibilidad equivalente. Por ello sería deseable en futuros trabajos, y para tener mayor fiabilidad del análisis sensorial, trabajar con un grupo más amplio de catadores.

Para la otra prueba de análisis sensorial (CATA), como ya hemos comentado, los resultados del test Q de Cochran nos da evidencias estadísticas de que en ninguno de los atributos hay diferencias significativas.

Por todo lo expuesto en los párrafos anteriores y a la vista de los resultados obtenidos en este trabajo y del análisis exhaustivo de los mismos, podemos concluir que el proceso de diálisis por membrana es un proceso válido y prometedor para la desalcoholización parcial de vinos blancos puesto que, además de lograr un importante descenso del grado alcohólico, el vino resultante no acaba teniendo cambios químicos ni organolépticos apreciables.

Parece evidente que, a la vista de los trabajos previos y en particular, de los resultados contenidos en esta memoria, se puede abordar con ciertas garantías de éxito el escalado del proceso para un tratamiento de cantidades importantes de vinos buscando optimizar las condiciones operacionales y los costes económicos que hagan factible la implementación industrial del proceso.

8. Bibliografía

AENOR. (2010). *UNE-EN ISO 8589:2010 Análisis sensorial. Guía general para el diseño de salas de cata*. <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/une?c=N0045203>

Ares, G., Varela, P., Rado, G., & Giménez, A. (2011). Are consumer profiling techniques equivalent for some product categories? The case of orange-flavoured powdered drinks. *International journal of food science & technology*, 46(8), 1600-1608.

ASALE, R.-, & RAE. (s. f.). *Diálisis | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado 18 de mayo de 2021, de <https://dle.rae.es/diálisis>

Asensio de la Riva, J. (2018). *Uso de pervaporación en la desalcoholización de vinos blancos*. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/31725>

Barceló Compte, A. (2017). *Contribución al proceso de industrialización de la tecnología de pertracción evaporativa para el ajuste del grado alcohólico de vinos blancos y tintos*. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/12113>

DOUE-L-1994-80354, (1994). <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1994-80354>

Duchêne, E., & Schneider, C. (2005). Grapevine and climatic changes: A glance at the situation in Alsace. *Agronomy for Sustainable Development*, 25(1), 93-99.

García Barceló, J. (1990). *Técnicas analíticas para vinos*. Gab.

Hidalgo, L. H., & Hidalgo, J. (2019). *Tratado de viticultura (5ª)*. Ediciones Mundi-Prensa.

ISO, U. & others. (2004). *Análisis sensorial. Metodología. Prueba triangular (ISO 4120: 2004) Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) Inc. Análisis sensorial*.

Jaeger, S. R., Beresford, M. K., Paisley, A. G., Antúnez, L., Vidal, L., Cadena, R. S., Giménez, A., & Ares, G. (2015). Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: Investigations into the number of terms used in CATA questions. *Food Quality and Preference*, 42, 154-164. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.02.003>

Manoukian, E. B. (1986). *Mathematical nonparametric statistics*. Gordon and Breach Science Publishers.

Merck. (s. f.). *PLGC15005 Millipore*. Recuperado 20 de mayo de 2021, de https://www.merckmillipore.com/ES/es/product/Ultrafiltration-Discs-10kDa-NMW,MM_NF-PLGC15005#anchor_UG

Merino, S. de H. (2019). *Estudio del sistema de diálisis para la desalcoholización parcial de vinos blancos*. 20.

OIV. (2012). *RESOLUCIÓN OIV-OENO 394B-2012*. <https://www.oiv.int/public/medias/1462/oiv-oeno-394b-2012-es.pdf>

OIV. (2020). *ACTUALIDAD DE LA COYUNTURA DEL SECTOR VITIVINÍCOLA MUNDIAL EN 2019*. <https://www.oiv.int/public/medias/7304/es-actualidad-de-la-coyuntura-del-sector-vitivin-cola-mundia.pdf>

Páez, A. E., Jofré, M. J., Azpiroz, C. R., & Bortoli, M. A. D. (2009). Anxiety and Depression in Patients with Chronic Renal Insufficiency Undergoing Dialysis Treatment. *Universitas Psychologica*, 8(1), 9.

RETEMA. (2016, junio 6). El Grupo SMAP de la UVa, a la vanguardia de la tecnología de membrana para separación de líquidos y gases. <https://www.retema.es/>. <https://www.retema.es/noticia/el-grupo-smap-de-la-uva-a-la-vanguardia-de-la-tecnologia-de-membrana-para-separacion--Z50Lr>

Sainz Escudero, D. (2017). *Aplicación de nanofiltración por membrana y pervaporación para la desalcoholización de vinos comerciales y recuperación de aromas*. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/26527>

Sotomayor, J. P. (1987). El efecto del aumento de producción en la calidad del vino. *Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu*.

Yoshida, K., Shigeoka, T., & Yamauchi, F. (1983). Relationship between molar refraction and n-octanol/water partition coefficient. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 7(6), 558-565. [https://doi.org/10.1016/0147-6513\(83\)90015-5](https://doi.org/10.1016/0147-6513(83)90015-5)

Zapatero, R. (2020). *Diálisis por membrana para la obtención de vinos blancos con contenido alcohólico reducido*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/43416>

