



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE GRADO

Título
Efecto de la micro-oxigenación en los compuestos fenólicos y análisis sensorial de vinos tintos de Tempranillo
Autor/es
Bárbara Chaves Carvajal
Director/es
Zenaida Guadalupe Mínguez y Belén Ayestarán Iturbe
Facultad
Facultad de Ciencias, Estudios Agroalimentarios e Informática
Titulación
Grado en Enología
Departamento
Curso Académico
2014-2015



Efecto de la micro-oxigenación en los compuestos fenólicos y análisis sensorial de vinos tintos de Tempranillo, trabajo fin de grado

de Bárbara Chaves Carvajal, dirigido por Zenaida Guadalupe Mínguez y Belén Ayestarán Iturbe (publicado por la Universidad de La Rioja), se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

Facultad de Ciencias, Estudios Agroalimentarios e Informática

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Enología

Efecto de la micro-oxigenación en los compuestos fenólicos y
análisis sensorial de vinos tintos de Tempranillo

Alumno:

Bárbara Chaves Carvajal

Tutores:

Zenaida Guadalupe Mínguez

M^a Belén Ayestarán Iturbe

Logroño, Junio, 2015

ÍNDICE

Resumen	4
Abstract	5
Capítulo 1. Introducción	6
1.1. El oxígeno en el vino	7
1.2. Práctica de la micro-oxigenación	11
1.2.a. Parámetros que influyen en la micro-oxigenación	11
1.2.b. Fases en las que se puede aplicar la micro-oxigenación	13
1.2.c. Influencia de la micro-oxigenación en los compuestos fenólicos y el color de los vinos tintos	15
1.2.d. Influencia de la micro-oxigenación en las características sensoriales de los vinos tintos	16
Capítulo 2. Objetivos	17
Capítulo 3. Materiales y métodos	19
3.1. Vinificación y toma de muestras	20
3.2. Parámetros enológicos generales y análisis químicos	23
3.3. Análisis sensorial	23
Capítulo 4. Resultados y discusión	24
4.1. Control de la micro-oxigenación	25
4.2. Análisis de los vinos finales	31
Capítulo 5. Conclusiones	32
Bibliografía	34

RESUMEN

La micro-oxigenación se desarrolló inicialmente en grandes recipientes de acero inoxidable y cemento en un intento de reproducir las condiciones de oxigenación en bodega.

Actualmente no es sólo una alternativa al envejecimiento en bodega de roble, y se ha convertido en una herramienta de gran alcance para los productores que quieren producir vinos de color estable y reducir la duración de su proceso de producción.

Diferentes estudios han mostrado que la aplicación de la micro-oxigenación entre el final de la fermentación alcohólica e inicio de la fermentación maloláctica permite obtener los mejores resultados, ya que al finalizar la fermentación alcohólica el contenido de antocianos totales libres es mayor, y por tanto la micro-oxigenación podría estabilizar a los antocianos mediante su condensación con los taninos.

En este trabajo se han comparado dos depósitos con el mismo vino de Tempranillo, un testigo y un vino con micro-oxigenación tras la fermentación alcohólica y antes de la fermentación maloláctica, con el objetivo de ver como la micro-oxigenación afecta a los vinos de la bodega y así tomar la decisión de instaurarla.

En todas las muestras de ambos vinos se realizaron análisis de grado alcohólico, pH, acidez total, acidez volátil, contenido de ácido málico y ácido láctico, índice de polifenoles totales e intensidad colorante. Estas medidas se realizaron durante todo el proceso de micro-oxigenación y en los vinos finales.

En los análisis finales se observó mayor contenido polifenólico y mayor intensidad colorante en el vino micro-oxigenado. También se obtuvieron mejores características organolépticas en el vino micro-oxigenado, sobre todo en la fase gustativa.

A pesar de los resultados positivos, las diferencias en cuanto al color no fueron muy grandes, y como las características organolépticas van a evolucionar en la bodega, ya que en la bodega no se elabora ningún vino joven, ésta decidió que no era una opción muy rentable. Se recomienda que la bodega vuelva a realizar el estudio otro año y compruebe las diferencias en los vinos finales ya envejecidos.

Palabras clave: Micro-oxigenación, Tempranillo, índice de polifenoles totales, intensidad colorante, análisis sensorial.

ABSTRACT

Micro-oxygenation was initially developed in big stainless steel and cement containers, attempting to reproduce the oxygenation conditions in the barrel.

Nowadays it is not only an alternative to ageing in oak barrels. It has become a really powerful tool for the producers who want to produce wines with a stable colour and reduce the duration of their production process.

Different studies have demonstrated that applying the micro-oxygenation between the end of the alcoholic fermentation and the beginning of the malolactic fermentation allows us to obtain the best results, as when the alcoholic fermentation finishes the free total anthocyanins content is bigger, so the micro-oxygenation could stabilize the anthocyanins by means of its condensation with the tannins.

In this work, two deposits with the same Tempranillo wine have been compared, a witness and a wine with micro-oxygenation after the alcoholic fermentation and before the malolactic fermentation, with the objective of seeing how micro-oxygenation affects the wines in the wine cellar and make the decision to establish it.

Analysis of alcoholic grade, pH, total acidity, volatile acidity, malic acid and lactic acid content, total polyphenol index and colorant intensity were carried out in all the samples of both wines. These measurements were done during the whole micro-oxygenation process and in the final wines.

In the final analysis, more polyphenol content and higher colorant intensity in the micro-oxygenated wine were observed. Moreover, better organoleptic characteristics were obtained with the micro-oxygenated wine, especially in the gustative phase.

In spite of the positive results, colour differences were not very big and, taking into account that the organoleptic characteristics are going to evolve in the barrel as no young wine is elaborated, the wine cellar decided that it was not a very profitable option. It is advisable that the wine cellar carries out the study another year in order to check the differences in the final wines already aged.

Key words: Micro-oxygenation, Tempranillo, total polyphenol index, colorant intensity, sensorial analysis.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 EL OXIGENO EN EL VINO

El oxígeno es un factor muy importante a tener en cuenta durante la elaboración de los vinos.

El oxígeno se empieza a tener en cuenta en tiempos antiguos cuando los pueblos de la Galia se apropiaron de la técnica de producción del vino importada por los dominadores romanos y en la cual introdujeron ciertas prácticas que utilizaban para producir y conservar la cerveza. La madera, material reparable, se empleó para la construcción de pequeños toneles para la conservación y el transporte (*Biondi y col., 2008*).

Louis Pasteur fue el primero en estudiar el papel del oxígeno en la calidad de los vinos. En sus estudios sobre el vino constató que “el oxígeno es la causa de los defectos ligados a los fenómenos de oxidación, produciéndose principalmente en el nivel del color” (*Pasteur, 1866*). Paralelamente, reconoció que el oxígeno puede eliminar malos olores a veces presentes en el vino y reducir sus sabores pronunciados (*Pasteur, 1866*).

Los estudios llevados a cabo por Ribéreau Gayon abrieron la vía de la búsqueda enológica sobre las reacciones fundamentales entre el vino y el oxígeno. A principio de los años 30, y gracias a la puesta a punto de métodos analíticos suficientemente sensibles y apropiados, Gayon efectúa una serie de medidas del oxígeno disuelto presente en los vinos en el curso de las diferentes etapas de la vinificación y de la conservación, así como en las diversas condiciones de la realización de estas operaciones (*Ribereau-Gayon, 1931*).

Algunas de ellas fueron:

- La solubilidad del oxígeno en el vino varía poco de un vino a otro y disminuye a medida que la temperatura aumenta (7.9 mg/l a 20°C y 8.3-9.2 mg/l a 12°C).
- La absorción de oxígeno se ralentiza en presencia de anhídrido carbónico en cantidad superior a 100 ml/l en la solución.

A lo largo de todo el proceso de elaboración de los vinos la exposición al oxígeno va cambiando. Hasta el comienzo de la fermentación alcohólica se da la mayor exposición. Sin llegar a oxidar el mosto, esta oxigenación es positiva para facilitar el arranque de la fermentación ya que en su justa medida favorece la multiplicación de las levaduras.

Al comenzar la fermentación se crea un ambiente anaerobio debido a la producción de dióxido de carbono. Durante esta se realizan pequeñas oxigenaciones mediante los remontados y al finalizar mediante los trasiegos, aunque son mínimas.

CAPÍTULO 1. Introducción

En el proceso que mayor importancia toma la oxigenación es en la crianza en barrica. Durante este proceso el vino se guarda en barricas de madera de roble en las cuales se supone que entran alrededor de 20 ml de oxígeno por litro contenido en el primer año, y la mitad o más de esa cantidad, en los años siguientes. Este contacto pequeño pero continuo es una parte importante del envejecimiento y la cantidad acumulada puede ser considerable. El oxígeno disuelto en el vino se consume por reacción con los componentes del vino, y normalmente disminuye desde la saturación a cantidades no detectables (Boulton y col., 2002)

La figura 1 muestra los fenómenos de oxigenación que tienen lugar en la barrica debido a que la madera permite el paso de una pequeña cantidad de oxígeno dando lugar a la crianza oxidativa.

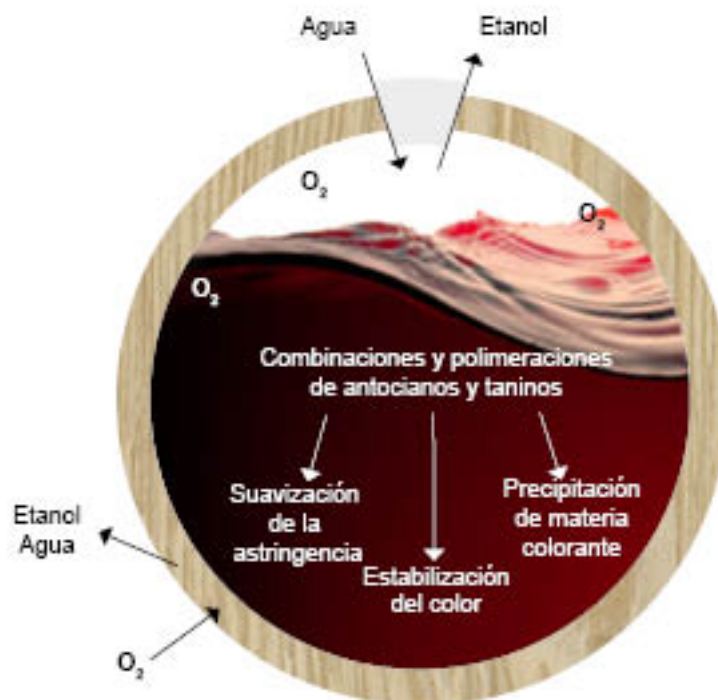


Figura 1. Fenómenos de oxigenación que tienen lugar en la barrica

Debido a la acción de oxígeno dentro de la barrica se dan combinaciones y polimerizaciones de antocianos y taninos, obteniéndose como resultado la suavización de la astringencia, la estabilización del color y precipitación de materia colorante. Se da una condensación de antocianos y taninos (*figuras 2 y 3*), bien de forma directa o bien actuando el acetaldehído como puente de unión (*figura 4*), así como por la cicloadición de otros compuesto como ácido glicoxílico, vinilfenoles, ácido pirúvico y también el acetaldehído a los antocianos, generando piranoantocianos (vitisinas, antocianos-vinilfenoles y antocianos-vinilflavonoles). La presencia de estos pigmentos incrementa y estabiliza el color del vino, al ser más resistentes a las variaciones de pH, a la decoloración de sulfuroso y a las oxidaciones que los antocianos libres. La extensión de las reacciones de formación de los diversos pigmentos está influenciada por el contenido inicial de compuestos fenólicos de los vinos que se están tratando, y esto tiene gran influencia en la evolución del color y la estructura durante el envejecimiento. Dependiendo de los equilibrios entre antocianos y taninos en vino pueden darse diferentes situaciones:

- Si la concentración de antocianos es superior a la de taninos: los antocianos pueden polimerizarse con los taninos, pero los antocianos sobrantes pueden oxidarse produciendo importantes pérdidas de color.
- Si la concentración de taninos es superior a la de antocianos: mayoritariamente todos los antocianos condensan con los taninos, pero predominaría la polimerización de taninos que posteriormente podrían precipitar.
- Si la concentración de antocianos y taninos es equilibrada: los antocianos permiten estabilizar a los taninos mediante condensación de acetaldehído, bloqueando la polimerización de taninos ya que los antocianos actúan como llave final de esta polimerización. La presencia de antocianos condensados a taninos mediante puente de etilo incrementará el color y su presencia favorecerá la formación de piranoantocianos del tipo antocianos-vinilflavanol que también contribuyen al color de vino y son más estables que los antocianos.

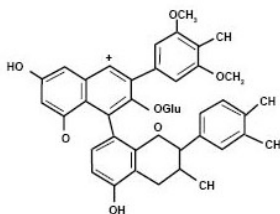


Figura 2. Estructura hipotética del producto de l condensación Antociano-Tanino

CAPÍTULO 1. Introducción

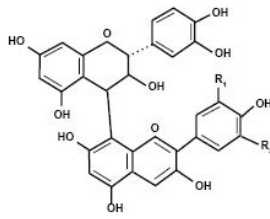


Figura 3. Estructura hipotética del producto de la condensación Tanino-Antociano

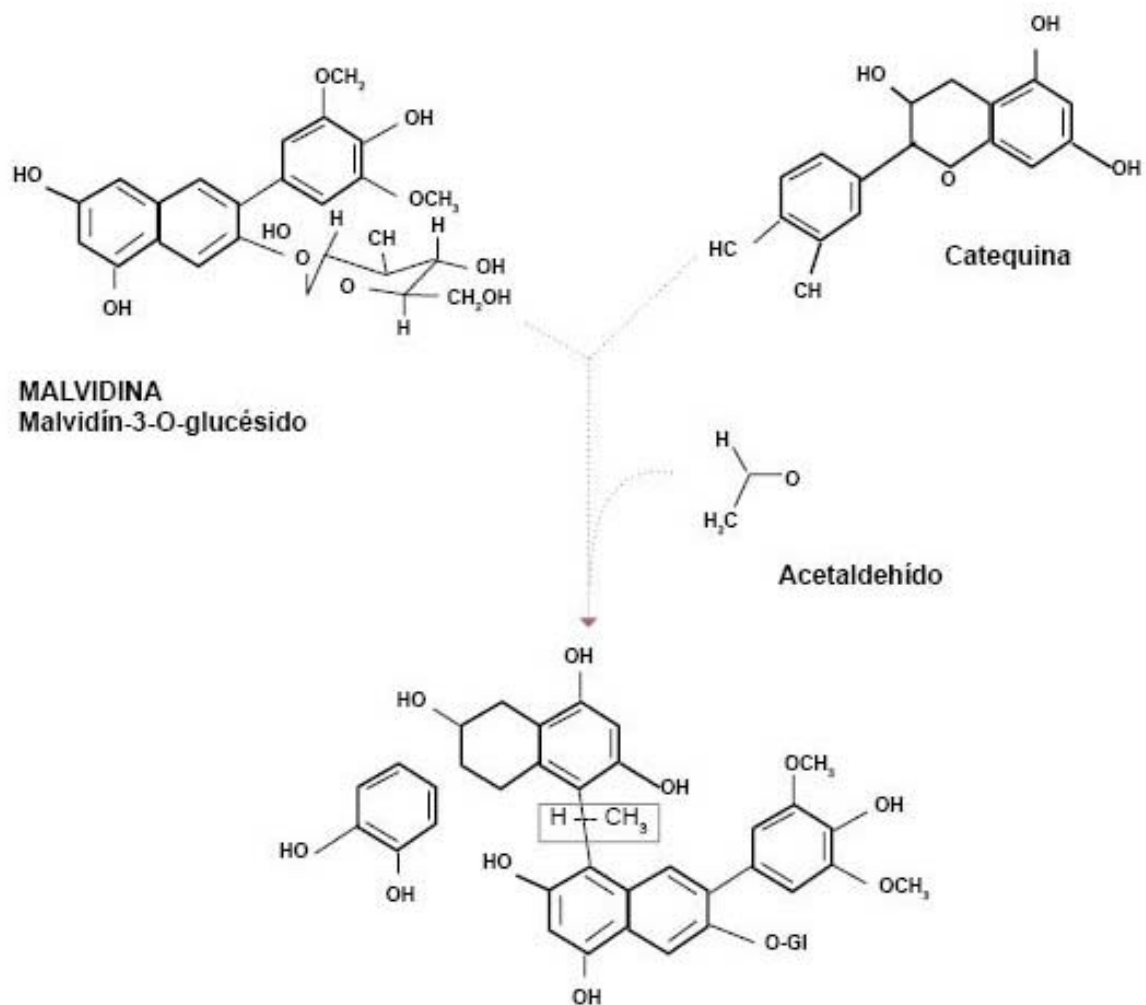


Figura 4. Ejemplo de una reacción de condensación entre antocianos y flavanoles mediante la formación de un puente de etilo

1.2 PRÁCTICA DE LA MICRO-OXIGENACIÓN

La micro-oxigenación se desarrolló inicialmente en Francia a mediados de 1990 en un intento de reproducir las condiciones de oxigenación en barrica en grandes recipientes de acero inoxidable y cemento. Actualmente, no es sólo una alternativa al envejecimiento en barrica de roble, se ha convertido en una herramienta de gran alcance para los productores que quieren producir vinos de color estable y reducir la duración de su proceso de producción.

Esta técnica se ha extendido en los últimos años en varios países como España, Francia, Italia, Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Chile, y fue autorizada para su uso en Europa por la Comisión Europea en 1996 (*Gómez-Plaza y Cano-López, 2011*). Esta práctica está autorizada en nuestro país por el Reglamento (CE) N° 606/2009, en su Anexo 1 A: Prácticas y tratamientos enológicos autorizados.

La micro-oxigenación se puede dividir en dos fases: fase macro y fase micro. Esta diferenciación concierne a la dosis de oxígeno inyectada en el vino: del orden de mg//día en el primer caso y de mg//mes en el segundo caso.

En el primer caso, la fase macro, no podemos hablar de micro porque el efecto o la velocidad de disolución del oxígeno en el vino se parecen más a lo que se produce con un remontado con aireación o con un trasiego, que a lo que se produce por la inyección de una microdosis de oxígeno en continuo. La fase macro o de oxigenación en dosis única se aplica durante la fase de la fermentación alcohólica y maceración o entre el descube y el inicio de la fermentación maloláctica. Las dosis de oxígeno establecida es del orden de mg//día inyectada en un lapso de tiempo reducido (de uno a varios días).

En cambio, en el segundo caso, la fase micro se da cuando las dosis usadas, del orden de mg//mes, son introducidas en continuo en periodos prolongados para responder a las necesidades de oxígeno de los vinos en maduración y para gestionar la evolución del color, la nariz y las características gustativas en su crianza (*Biondi y col., 2008*). Esta fase se asemeja más al efecto que produciría el oxígeno durante el periodo de envejecimiento del vino en barrica.

1.2.a. PARÁMETROS QUE INFLUENCIAN LA MICRO-OXIGENACIÓN

Algunos de los parámetros que hay que tener en cuenta durante la micro-oxigenación son los siguientes (*González del Pozo, 2009*):

- Concentración de oxígeno en el vino. La dosis debe ser menor a la capacidad de consumo del vino para evitar acumulaciones.

CAPÍTULO 1. Introducción

- Temperatura. Tiene un efecto importante sobre la solubilidad del oxígeno y la tasa de reacciones de oxidación. El rango de temperatura óptimo es de entre 15 y 18°C. A temperaturas inferiores a 7-12°C o superiores a 22-25°C debe detenerse la micro-oxigenación, ya que si la temperatura es demasiado alta se da una mala solubilidad del oxígeno y si demasiado baja las reacciones químicas se ralentizan y se da una acumulación de oxígeno (*Gómez-Plaza y Cano-López, 2011*).
- Acetaldehído. Es conveniente su análisis durante todo el proceso, pero más durante las primeras fases, los tratamientos de micro-oxigenación y durante la fermentación maloláctica. Nos indicará si la dosis de oxígeno está siendo demasiado alta.
- Ácido málico. Su medida es importante en la primera fase de micro-oxigenación ya que informa sobre un posible arranque de la fermentación maloláctica, al disminuir su concentración ya que se transforma en ácido láctico.
- Acidez total y pH.
- Acidez volátil. Nos informa del estado de salubridad del vino.
- Dióxido de azufre. El dióxido de azufre es un antioxidante e interfiere con muchas de las reacciones de oxidación, reacciona con el peróxido de hidrógeno y con el acetaldehído, que son requeridos para reacciones de condensación, y también se une directamente con antocianinas, provocando la inhibición de la producción de pigmentos poliméricos. Por lo tanto, la micro-oxigenación requiere relativamente bajas concentraciones de dióxido de azufre para ser eficaz (*Gómez-Plaza y Cano-López, 2011*).
- Medidas relativas al color y composición antociánica. Su evolución a lo largo del proceso permite valorar el efecto de la oxigenación sobre los fenómenos de la polimerización de los pigmentos.
- Turbidez. La micro-oxigenación favorece la clarificación natural de los vinos por lo que se puede ser conveniente analizar la turbidez del vino para constatar dicha clarificación.

1.2.b. FASES EN LAS QUE SE PUEDE APLICAR LA MICRO-OXIGENACIÓN

La micro-oxigenación se puede aplicar en casi cualquier etapa del proceso de elaboración del vino en el depósito.

Las prácticas más empleadas son la aplicación antes de la fermentación maloláctica y después de la fermentación maloláctica.

- Micro-oxigenación antes de la fermentación maloláctica

Diferentes estudios han mostrado que la aplicación de la micro-oxigenación entre el final de fermentación alcohólica e inicio de la fermentación maloláctica permite obtener los mejores resultados, ya que al finalizar la fermentación alcohólica el contenido de antocianos totales libres y taninos es mayor, por tanto la micro-oxigenación podría estabilizar a los antocianos y limitar la polimerización de taninos (Cano-López y col., 2013). Por todo esto, se recomiendan pequeñas adiciones de taninos elágicos y protoantocianidinas. La inyección de débiles dosis de oxígeno no es un obstáculo al principio de la fermentación maloláctica, incluso parecería ser un factor favorable para su puesta en marcha, gracias en parte a los débiles movimientos de la masa que permiten a las bacterias lácticas mantenerse en suspensión en el vino. Las bacterias lácticas son capaces de utilizar el acetaldehído como substrato para su metabolismo siendo este generado por vía química por la micro-oxigenación o por vía microbiológica por parte de *Saccharomyces cerevisiae*. El oxígeno participa de manera directa en el metabolismo del ácido cítrico en la fermentación maloláctica, influyendo en la formación de diacetilo (figura 5). El diacetilo es un compuesto aromáticamente activo responsable de los aromas de mantequilla o de nuez presentes en los vinos al final de la fermentación maloláctica; esta característica puede ser buscada en función de la tipología del vino o igualmente por el mercado al cual está destinado. Al contrario, este compuesto puede ser responsable de una mala apreciación por el desequilibrio aromático que conlleva. El umbral de percepción del diacetilo en el vino oscila entre 0,2 y 2,8 mg/L según el vino (Biondi y col., 2008).

- Después de la fermentación maloláctica

En este caso lo que se busca es redondear el vino y aportarle mayor complejidad. Normalmente se emplea de manera complementaria a la micro-oxigenación antes de la fermentación maloláctica. El control de la temperatura y dosificación es más importante que en el caso anterior, ya que aquí se pueden producir efectos negativos e irreversibles por exceso de oxígeno.

CAPÍTULO 1. Introducción

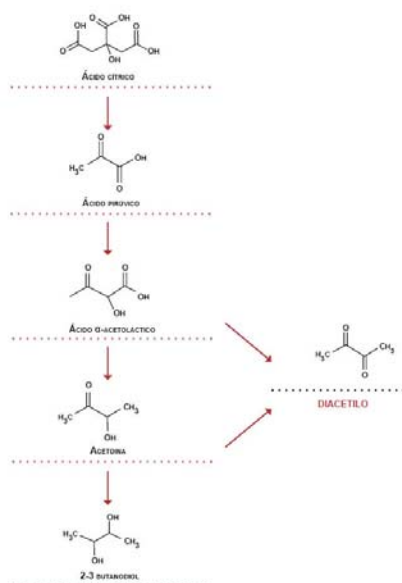


Figura 5. Metabolismo del ácido cítrico en presencia de oxígeno

Además de estos dos principales momentos de aplicación, la micro-oxigenación se puede emplear para tratamientos alternativos:

- Macro-oxigenaciones en fermentación para favorecer la proliferación de levaduras.
- Con carácter curativo en vinos reducidos o verdes.
- En crianza sobre lías para favorecer la liberación de manoproteínas y polisacáridos.
- Aceleración de los procesos de envejecimiento en crianza oxidativa de vinos generosos.
- Combinado con chips para simular el envejecimiento en barrica. (*Cejudo-Bastante y col., 2011*).

1.2.c. INFLUENCIA DE LA MICRO-OXIGENACIÓN EN LOS COMPUESTOS FENÓLICOS Y EL COLOR

Hay varios factores que pueden afectar a los resultados obtenidos cuando se aplica la micro-oxigenación en los vinos tintos. Los más importantes son el momento de la aplicación, las dosis de oxígeno y la composición fenólica del vino.

En un estudio de tres vinos tintos, realizados con *Vitis vinifera var. Monastrell* con diferentes composiciones fenólicas, se analizó como afectaba la micro-oxigenación a la formación de nuevos pigmentos en los vinos y sus características cromáticas. Los resultados indicaron que los diferentes vinos fueron afectados de manera diferente por micro-oxigenación. En general, los vinos micro-oxigenados tenían un porcentaje más alto de nuevos pigmentos formados por antocianos, siendo esta formación más favorecida en los vinos con mayor índice de polifenoles totales. Estos nuevos pigmentos, a su vez, aumentaron significativamente la intensidad del color del vino. (*Cano-López y col., 2008*).

La intensidad colorante es un factor que, por norma y según la bibliografía, aumenta netamente en los vinos micro-oxigenados.

CAPÍTULO 1. Introducción

1.2.d. INFLUENCIA DE LA MICRO-OXIGENACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

La micro-oxigenación afecta a diferentes compuestos del vino, pero el efecto depende en gran medida de la variedad de uva utilizada.

Los taninos del vino son moléculas altamente reactivas que intervienen directamente en la astringencia del vino. Los monómeros y oligómeros son más amargos que astringentes, mientras que los polímeros son altamente astringentes y ligeramente amargos. Los taninos cambian de tamaño y la estructura durante el envejecimiento del vino debido a reacciones de despolimerización. Estas transformaciones pueden ocurrir en presencia o ausencia de oxígeno; sin embargo, las estructuras resultantes serán diferentes, dependiendo de las vías tomadas. El oxígeno trae consigo la producción de diferentes aldehídos, acetaldehído en su mayoría. Posteriormente, el acetaldehído puede reaccionar rápidamente con las moléculas de tanino. La polimerización puede conducir a estructuras macromoleculares que precipitan disminuyendo la astringencia (*Gómez-Plaza y Cano-López, 2011*).

Diferentes autores apreciaron que los vinos micro-oxigenados, independientemente de la variedad de uva utilizada, destacan por aromas tostados, especiados, a chocolate y café. En cambio Hernández-Orte y col. (2009) encontraron en los vinos micro-oxigenados mayores notas herbáceas, además de menores olores a reducido, tostado, cuero y animal.

CAPITULO 2. OBJETIVOS

CAPÍTULO 2. Objetivos

El objetivo de este estudio fue comprobar los efectos de la micro-oxigenación en vino tinto elaborado con la variedad Tempranillo. Se compararon dos depósitos, un testigo y otro al cual se le aplicó micro-oxigenación tras la fermentación alcohólica. Se analizó el efecto de la micro-oxigenación en los parámetros enológicos generales, intensidad colorante e índice de polifenoles totales y en las características organolépticas de ambos vinos.

Este ensayo se realizó en la bodega C.V.N.E. Viña Real (D. O. Ca. Rioja) con el objetivo de tomar una decisión sobre si instalar un dosificador de micro-oxigenación en la bodega o no.

CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO 3. Materiales y métodos

3.1 VINIFICACIÓN Y TOMA DE MUESTRAS

En este trabajo se estudiaron los vinos obtenidos de la variedad Tempranillo tras la aplicación de micro-oxigenación en uno de ellos, dejando el otro como testigo, antes de la fermentación maloláctica. La elaboración se realizó durante la añada 2014 en la bodega de la D.O.Ca. Rioja C.V.N.E. Viña Real.

La bodega Viña Real (latitud: 42.49968° N; longitud: 2.49543° O) se encuentra situada en la carretera Logroño–Laguardia, Km. 4,8, Alava, en la subzona de Rioja Alavesa.

Las uvas se vendimiaron el 30 de septiembre de 2014 en óptimo estado de maduración y en buenas condiciones sanitarias. La vendimia se realizó de forma manual y se transportó en remolques de 5.000 kg de capacidad hasta la bodega. La descarga de la uva se realizó en la tolva de la bodega a través de la cual pasó por la despalladora y de ahí a los OVIs para su descarga por gravedad en los correspondientes depósitos.

Al llegar el remolque con la uva se observó la calidad de la uva y se le asignó una nota del 1 al 10, siendo 10 la calidad máxima (tabla 1). Tras esto se analizó el grado probable, el pH y la acidez total según los métodos de la OIV (OIV, 1990).

Tabla 1. Parámetros enológicos de la uva en el momento de la vendimia

Variedad de uva	Calidad	Origen de la uva	Grado alcohólico probable (%vol)	pH	Acidez total (g/l de ácido tartárico)
Tempranillo	8	Yécora	12,7	3,25	3,8

La figura 6 representa los esquemas de elaboración de los dos depósitos que fueron empleados en este estudio.

Tras recibir la uva y despallarla, se rellenaron por gravedad dos depósitos de 30.000 litros de capacidad. A cada uno de los depósitos se les adicionaron 60 g/HI de tartárico, 12 g/HI de levadura Q7, 2,5 g/HI de Fermicomplex (Dolmar), 2,5 g/HI de Vinozymprocess (Novozymes), 10 g/HI de Tanin SR (IOC) y 10 g/HI de difosfato de amonio. Tras la fermentación alcohólica, que duró 8 días, se separó el vino del sombrero en ambos depósitos y este vino se trasegó a dos depósitos de hormigón de 24.000 litros de capacidad. A estos depósitos se les adicionó Tanino Protan Structure (8 g/HI) (AEB Iberica). Tras esto se mezclaron ambos vinos y se trasegaron a dos depósitos iguales de hormigón para realizar la micro-oxigenación antes del comienzo de la fermentación maloláctica.

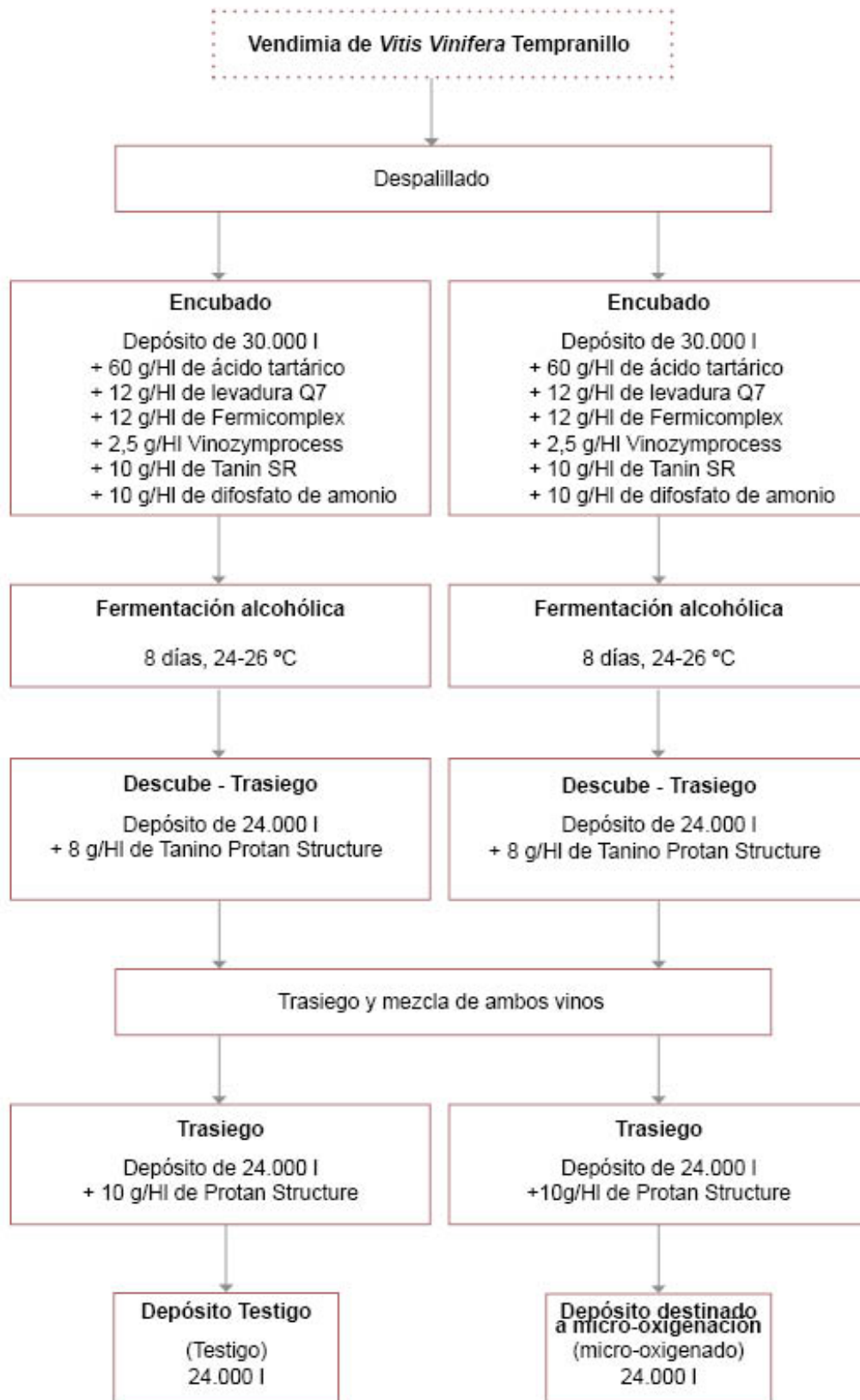


Figura 6. Proceso de elaboración de los vinos

CAPÍTULO 3. Materiales y métodos

Se les adicionó entonces Protan Estructure (10 g/Hl) (AEB Iberica) y después uno se tomo como testigo y el otro fue micro-oxigenado (Figura 7). Se comenzó con una dosis inicial de 2 mg/l/día durante 24 horas. El segundo día se adicionó a ambos depósitos dióxido de azufre gas (30 mg/l) y se bajó la dosis de micro-oxigenación a 1 mg/l/día. El cuarto día por la tarde se redujo la dosis a 0,5 mg/l/día, o lo que es lo mismo, 15 mg/l/mes. Tras 24 horas, el quinto día se bajó la dosis a 7 mg/l/mes, la cual se mantuvo hasta el noveno día, día en el que se dio por finalizada la micro-oxigenación. Para ese día ambos vinos habían terminado la fermentación maloláctica, al día siguiente se trasegaron ambos depósitos y se les adicionó dióxido de azufre (50 mg/l). Es importante tener en cuenta, por tanto, que los vinos realizaron la fermentación maloláctica al mismo tiempo que duró el tratamiento de micro-oxigenación.

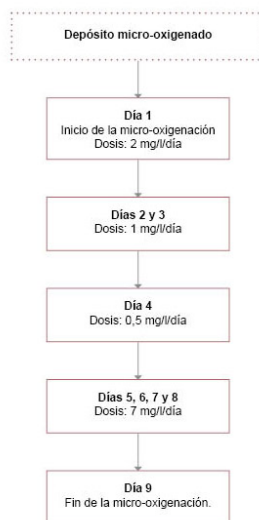


Figura 7. Proceso de micro-oxigenación

3.2 PARÁMETROS ENOLÓGICOS GENERALES Y ANÁLISIS QUÍMICOS

Los parámetros y compuestos evaluados en este trabajo, así como los métodos de análisis utilizados para su determinación, se describen a continuación.

En todas las muestras de ambos vinos se realizaron análisis de grado alcohólico, pH, acidez total, acidez volátil, contenido de ácido málico y ácido láctico, índice de polifenoles totales e intensidad colorante. Se utilizó el autoanalizador WineScan FT 120 de la casa comercial Foss. El control del sulfuroso se llevó a cabo mediante el método de la OIV OIV-MA-AS323-04^a. Durante el periodo de la micro-oxigenación los análisis se realizaron en la bodega, pero los vinos finales se analizaron en Servicio de Viticultura y Enología del Departamento de Agricultura de la Diputación Foral de Álava (carretera Lapuebla s/n 01300 Laguardia, Álava).

3.4 ANÁLISIS SENSORIAL

En la bodega se realizó una cata diaria durante todo el proceso de micro-oxigenación con el objetivo de controlarla y ver como evolucionaba el vino. Principalmente se buscó la aparición de etanal como indicador de un exceso de dosificación de oxígeno. La cata se realizaba en el laboratorio dos veces al día por la enóloga y el jefe de laboratorio. Además de buscar el etanal, se fue observando la evolución de ambos vinos en todas las fases de la cata. Se comparó el color de ambos vinos a lo largo de todo el proceso durante la fase visual de la cata. Durante la fase olfativa se prestó más atención al etanal, pero también se tuvo en cuenta la evolución prestando especial atención a la intensidad, a la complejidad y a los aromas terciarios. En la fase gustativa se tuvo en cuenta la redondez, el cuerpo y la astringencia como descriptores principales.

El objetivo de la bodega era tomar la decisión de si se implantaba un sistema de micro-oxigenación o no, por lo que no fue evaluado por un panel de catadores, sino por los propios interesados, el equipo de laboratorio.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CONTROL DE LA MICRO-OXIGENACIÓN

Parámetros enológicos generales

Como se ha comentado anteriormente, durante todo el proceso de micro-oxigenación se llevó un control diario analítico de grado alcohólico, acidez volátil, pH, acidez total, contenido de ácido málico y ácido láctico, índice de polifenoles totales e intensidad colorante.

Asimismo, la temperatura se controló en todo el proceso, comprobando que se mantuviese estable en todo momento entre los 19 y 20°C.

En la tabla 2 se puede observar la evolución de la acidez volátil a lo largo del proceso de micro-oxigenación en ambos vinos. Para comprobar que el vino se encontraba en buen estado en cuanto al picado acético, se controló que la acidez volátil se mantuviera estable sin ninguna subida brusca.

Tabla 2. Contenido de acidez volátil

Acidez volátil (mg/l ácido acético)		
Días de micro-oxigenación	Testigo	Micro
1	0,4	0,41
2	0,4	0,46
3	0,40	0,4
4	0,4	0,4
5	0,38	0,4
6	0,37	0,37
8	0,39	0,41
9	0,4	0,43
14	0,45	0,42

Como podemos observar en ambos depósitos los valores se mantuvieron estables a lo largo de todo el proceso, el vino testigo con una media de 0,4 g/l ác. acético y el vino micro-oxigenado con una media de 0,41 g/l ác. acético. Según el Reglamento de la D.O. Ca. Rioja, la acidez volátil de los vinos de la campaña, expresada en ácido acético, no puede superar 0,05 gramos/litro (0,833 miliequivalentes por litro) por cada grado de alcohol adquirido, por lo que nos encontramos dentro de parámetros normales.

CAPÍTULO 4. Resultados y discusión

La figura 8 muestra la evolución del pH en los vinos a lo largo del proceso de micro-oxigenación.

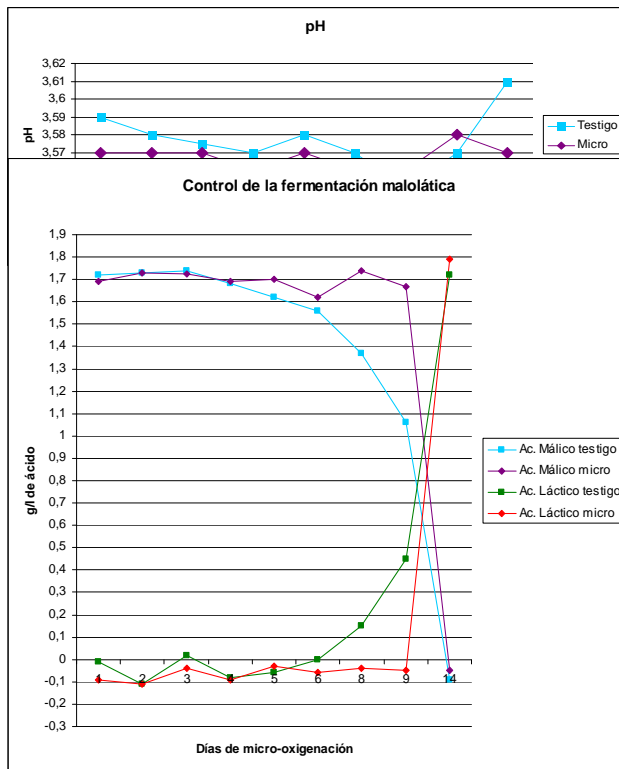
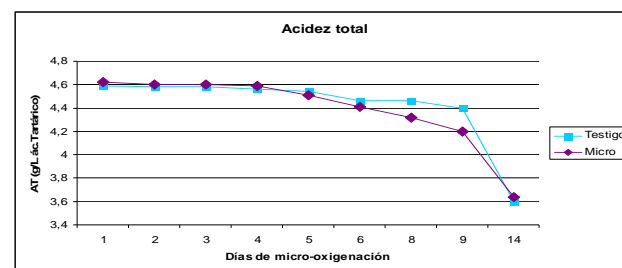


Figura 8. pH de los vinos testigo y micro-oxigenado durante el proceso de micro-oxigenación

Como podemos ver en la gráfica, el pH se mantuvo bastante estable con pequeñas variaciones a lo largo del proceso de micro-oxigenación. Ambos vinos mantuvieron el pH estable y similar entre ellos. Las variaciones



de pH en el vino testigo fueron de 3,55 a 3,61 y en el vino micro-oxigenado de 3,56 a

3,58, siendo estas variaciones habituales de la medida del propio equipo.

Figura 9. Acidez total de los vinos testigo y micro-oxigenado durante el proceso de micro-oxigenación

La figura 9 muestra la evolución de la acidez total durante el proceso de micro-oxigenación. La acidez total baja a partir del día 5 en ambos casos ya que son los días en los que comenzó la fermentación maloláctica, como se verá más adelante al analizar el contenido de ácido málico y ácido láctico. La transformación de ácido málico en ácido láctico influye en la acidez debido a que el ácido málico es más fuerte que el ácido láctico.

Tanto el pH como la acidez total fueron valores que se midieron como control. Estos parámetros dependen más de las características de la uva y el vino elaborado que del proceso de micro-oxigenación. En ambos vinos se obtuvieron valores de pH y acidez total normales, dentro de los parámetros que tiene establecidos la bodega para sus vinos.

Figura 10. Control de la fermentación maloláctica durante el proceso de micro-oxigenación

La figura 10 muestra la evolución de la fermentación maloláctica comparando los datos de ambos vinos de concentración de ácido málico y ácido láctico. Ambos parámetros fueron comparados durante todo el proceso de micro-oxigenación para el control del arranque y desarrollo de la fermentación maloláctica.

En la gráfica se puede observar como el testigo realizó una fermentación maloláctica en poco más de una semana de manera progresiva. En cambio el vino con micro-oxigenación parecía que quería arrancar a la vez que el testigo pero finalmente arrancó 3 días más tarde y realizó una fermentación más rápida, ya que acabó a la vez que el testigo.

Índice de polifenoles totales

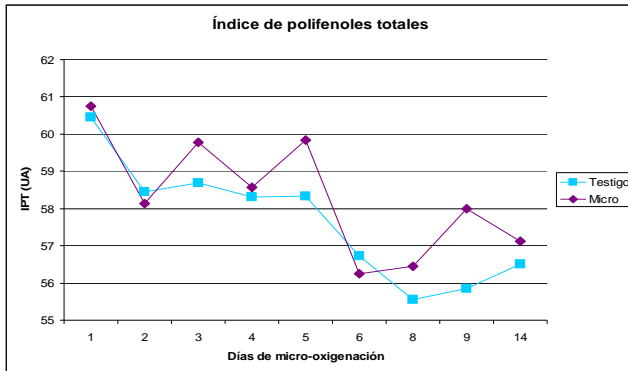


Figura 11. Índice de polifenoles totales de los vino testigo y micro-oxigenado durante el proceso de micro-oxigenación

Como se puede ver en la figura 11, el vino testigo presenta, en casi todo momento, valores de IPT por debajo del vino micro-oxigenado. La evolución del índice de

polifenoles totales en el vino micro-oxigenado es más fluctuante que en el vino testigo.

Podemos observar también la influencia de la fermentación maloláctica. La bajada más brusca del IPT en ambos vinos se da con el comienzo de la fermentación maloláctica (día 5), y aunque al final este índice tiende a recuperarse un poco sigue siendo mas bajo que al principio, siendo aun así superior en el vino micro-oxigenado.

Ambos vinos tienen un índice de polifenoles totales similar, el cual disminuye, pero el vino micro-oxigenado tiende a tener un mayor índice pero con una diferencia mínima. Otros autores (*Pérez-Magariño y col., 2007*) obtuvieron mayores diferencias en el índice de polifenoles totales de sus vinos Tempranillo, y en su caso el vino micro-oxigenado quedaba por debajo del testigo, exceptuando la vendimia de 2002, en la cual quedaron con el mismo valor.

CAPÍTULO 4. Resultados y discusión

Intensidad colorante

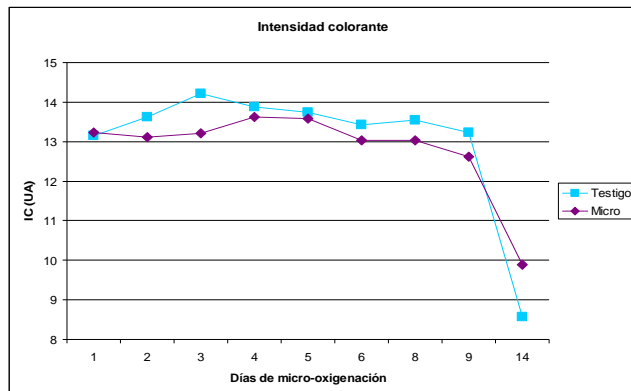


Figura 12. Intensidad colorante de los vinos testigo y micro-oxigenado durante el proceso de micro-oxigenación

En cuanto a la intensidad colorante, durante todo el proceso, podemos observar en la figura 12, como el vino micro-oxigenado está por debajo del testigo en todo momento pero con valores, en la mayoría

de los casos, muy similares. Al finalizar la micro-oxigenación y la fermentación maloláctica, vemos que hay un brusco descenso de la intensidad colorante, que en el caso del testigo es bastante mayor, por lo que al final el vino con micro-oxigenación acaba teniendo un valor más alto que el testigo.

Otros autores (*Pérez-Magariño y col., 2007*) en un estudio realizado con vino elaborado con la variedad Tempranillo, obtuvieron valores muy similares en cuanto a intensidad colorante tanto en en vino testigo como en el micro-oxigenado, siendo el vino micro-oxigenado el que tenía un valor mayor, aunque como ya hemos comentado muy similar. En ese mismo estudio y en otro realizado con vino elaborado con la variedad Monastrell (*Cano-López y col., 2013*), al finalizar la fermentación maloláctica disminuyeron bruscamente las intensidades colorantes tanto de los vinos testigo como de los micro-oxigenados, al igual que en nuestro caso, lo cual se atribuye supuestamente a la precipitación de materia colorante.

Análisis sensorial

Para el control de la micro-oxigenación se realizaron catas todos los días por la mañana y por la tarde-noche con el objeto principal de controlar la aparición de acetaldehído por acumulación de oxígeno y su consiguiente oxidación. También con la intención de ir controlando la aparición de diferencias entre ambos vinos.

El tercer día de micro-oxigenación ya se comenzó a notar que el vino micro-oxigenado era un poco menos secante que el testigo, menos duro en boca. El cuarto día se notó una diferencia mayor, en boca era más redondo y estructurado de que testigo. En nariz no se encontraron caracteres vegetales que en cambio en el testigo si. Esa misma tarde se redujo la dosis de micro-oxigenación.

El quinto día se bajó un poco más la dosis. El vino con micro-oxigenación se notó cansado, con atisbos de acetaldehído y pérdida de la estructura en boca, se comenzó a notar más acuoso que el testigo.

Tras la bajada de la dosis, el sexto día parece que el micro-oxigenado se recuperó y desaparecieron las señales del aumento de acetaldehído.

Al comenzar el testigo la fermentación maloláctica antes, durante ésta, los vinos no son comparables en cata ya que no se encuentran en las mismas condiciones como hasta ese momento. Por ello, la cata no se tuvo en cuenta hasta que ambos vinos finalizaron la fermentación maloláctica y la micro-oxigenación.

4.2 ANÁLISIS DE LOS VINOS FINALES

Tras finalizar el experimento se analizaron los vinos finales testigo y micro-oxigenado.

Tabla 3. Datos finales de los vinos testigo y micro-oxigenado

	pH	Acidez total (g/l de ácido tartárico)	Acidez volátil (mg/l de ácido acético)	Índice de polifenoles totales (UA)	Intensidad colorante (UA)
Testigo	3,63	3,47	0,42	59	9,248
Micro-oxigenado	3,57	3,83	0,41	60	10,214

Como se puede observar en la tabla las diferencias entre ambos vinos son mínimas, siendo el vino testigo el que tiene mayor índice de polifenoles totales e intensidad colorante.

Análisis sensorial

Al finalizar todo el proceso se realizó una cata a ciegas por el equipo de laboratorio y la enóloga. El resultado fue el siguiente:

En la fase visual ambos fueron muy similares. Ambos presentaban un color rojo picota con una capa media.

En cuanto a la fase aromática, el micro-oxigenado tenía más fruta madura y menos caracteres vegetales que el vino testigo, aunque el testigo tampoco presentaba excesivo verdor.

En la fase gustativa, en el vino micro-oxigenado se encontró más cuerpo, mayor redondez y una astringencia más suave que en el testigo, que resultó más duro.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en este trabajo son las siguientes:

Tanto el índice de polifenoles totales (IPT) como la intensidad colorante (IC) disminuyen en los dos vinos a lo largo del proceso de micro-oxigenación, probablemente debido a la pérdida de compuestos fenólicos por precipitaciones. A pesar de ello, el vino micro-oxigenado mantiene en ambos parámetros valores mayores debido a la formación de nuevos pigmentos más estables que los del testigo.

En relación a las características organolépticas, la micro-oxigenación afectó de forma diferente a las distintas fases del análisis sensorial.

En la fase visual ambos vinos fueron similares, aunque el vino micro-oxigenado obtuvo valores mayores de intensidad colorante.

En la fase olfativa, el vino micro-oxigenado presentó caracteres menos verdes, por lo que la nariz del vino micro-oxigenado se afinó y resultó algo más compleja que la del testigo.

La fase gustativa fue la más modificada por la micro-oxigenación, presentando el vino micro-oxigenado más cuerpo, redondez y suavidad que el vino testigo.

Por tanto, la micro-oxigenación podría resultar una buena técnica para afinar los vinos.

Sin embargo, en este estudio en concreto, la bodega Viña real finalmente decidió no instalar el equipo ya que debido a que sus vinos tintos son crianzas, reservas o gran reservas, se afinan en barrica durante el tiempo necesario y terminan de redondearse en la botella, y los resultados obtenidos en este estudio no mostraron diferencias lo suficientemente significativas para que la técnica de micro-oxigenación les resultase rentable económicamente.

A pesar de esta decisión, yo recomendaría a la bodega repetir el estudio otro año y comprobar las diferencias en los vinos finales ya envejecidos.

BIBLIOGRAFÍA

ARFELLI, G.; SARTINI, E.; CORZANI, C.; FABIANI, A. 2011. Chips, lees, and micro-oxygenation: influence on some flavors and sensory profile of a bottled red Sangiovese wine. *Eur Food Res Technol*, 203, 1-10.

BIONDI BARTOLINI, A.; CAVINI, F.; DE BASQUIAT, M. 2008. *Oxygene et vin. Du role de l'oxygene a la technique de micro-oxygenation*. Pársec Edition, Florencia, Italia. ISBN: 978-88-903722-1-6.

BOULTON, R.B.; SINGLETON, V.; BISSON, L.F.; KUNKEE, R.E. 2002. *Teoría y práctica de la elaboración del vino*. Acribia, Zaragoza. ISBN: 84-200-0978-4

CANO-LÓPEZ, M.; LÓPEZ-ROCA, J.M.; PARDO-MINGUEZ, F. 2006. Effect of microoxygenation of anthocyanin and derived pigment content and chromatic characteristics of red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57, 325-331.

CANO-LÓPEZ, M.; PARDO-MÍNGUEZ, F.; SCHMAUCH, G.; SAUCIER, C.; TEISSEDRE, P.L.; LÓPEZ-ROCA, J.M.; GÓMEZ-PLAZA, E. 2008. Effect of Micro-oxygenation on Color and Anthocyanin-Related Compounds of Wines with Different Phenolic Contents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 5932-5941.

CANO-LÓPEZ, M.; PARDO-MINGUEZ, F.; LÓPEZ-ROCA, J.M.; GÓMEZ-PLAZA, E. 2013. Efectos de la micro-oxigenación en vinos tintos de Monastrell. Influencia de la composición polifenólica del vino y del momento de aplicación.

CEJUDO-BASTANTE, M.J.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; PÉREZ-COELLO, M.S. 2011. Micro-oxygenation and oak chip treatments of red wines: Effects on colour-related phenolics, volatile composition and sensory characteristics. Part I: Petit Verdot wines. *Food Chemistry*, 124, 727-737.

CEJUDO-BASTANTE, M.J.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; PÉREZ-COELLO, M.S. 2011. Micro-oxygenation and oak chip treatments of red wines: Effects on colour-related phenolics, volatile composition and sensory characteristics. Part II: Merlot wines. *Food Chemistry*, 124, 738-748.

Consejo Regulador de la Denominación de Origen Calificada Rioja (www.riojawine.com).

GÓMEZ-PLAZA, E.; CANO-LÓPEZ, M. 2011. A review on micro-oxygenation of red wines: Claims, benefits and the underlying chemistry. *Food Chemistry*, 125, 1131-1140.

GONZALEZ DEL POZO, A. 2009. Aplicaciones de la microoxigenación. Efecto sobre el color y la composición fenólica de vinos tintos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Pública de Navarra, Pamplona. Proyecto de investigación del INIA, VIN-03-045.

HERNÁNDEZ-ORTE, P.; LAPEÑA, A.C.; ESCUDERO, A.; ASTRAIN, J.; BARON, C.; PARDO, I.; POLO, L.; FERRER, S.; CACHO, J.; FERREIRA, V. 2009. Effect of micro-oxygenation on the evolution of aromatic compounds in wines: Malolactic fermentation and ageing in wood. *Food Science and Technology*, 42, 391-401.

Office International de la Vigne et du Vin. 1990. *International Analysis Methods of Wines and Musts*; OIV: París, Francia.

PASTEUR. 1866. *Estudes sur le vin ses maladies, qui les provoquent, procedes nouveaux pour le conserver et pour le vieillir*. Paris, Impr. Imperiale.

PÉREZ-MAGARIÑO, S.; SÁNCHEZ-IGLESIAS, M.; ORTEGA-HERAS, M. 2007. Colour stabilization of red wines by microoxygenation treatment before malolactic fermentation. *Food Chemistry*, 101, 881-893.

Reglamento (CE) N° 606/2009 de la Comisión del 10 de julio de 2009. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 24 de julio de 2009, n° 193, 1-59.

RIBÉREAU-GAYON, 1931. *Oxydations et réductions dans les vins*. Thèse doctorat sciences physiques, Bordeaux.

RIBÉREAU-GAYON. 2003. *Tratado de enología*. Vol. II. Hemisferio Sur, Mundi-Prensa, Buenos Aires. ISBN: 950-504-873-5

