

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**COMPORTAMIENTO ENOLÓGICO DE ARINARNOA, MARSELAN Y
TANNAT (*Vitis vinifera. L.*) BAJO DISTINTAS ALTERNATIVAS DE
VINIFICACIÓN EN TINTO**

por

**Sabrina DUARTE ALVEZ
Valentina MARTÍNEZ FOSSATTI**

**Trabajo final de grado
presentado como uno de los
requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2024**

Página de aprobación**Trabajo final de grado aprobado por:****Director/a:** _____**Ing. Agr. PhD. Guzmán Favre****Codirector/a:** _____**Ing. Agr. PhD. Gustavo González-Neves****Tribunal:** _____**Lic. Bioquímica PhD. Marcela González****Ing. Agr. Dr. Diego Piccardo****Ing. Agr. PhD. Guzmán Favre****Fecha:** 16 de diciembre de 2024**Estudiantes:** _____**Sabrina Duarte Alvez****Valentina Martínez Fossatti**

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que nos han apoyado y guiado a lo largo de este arduo pero gratificante camino. En primer lugar, agradecemos a nuestro tutor, Guzmán Favre y co-tutor Gustavo González-Neves, por su compromiso y dedicación con la investigación, quienes siempre estuvieron dispuestos a brindarnos su conocimiento y tiempo para que este trabajo pudiera materializarse. En segundo lugar, extendemos nuestro más profundo agradecimiento a Fernanda Láuz, cuya amistad, forjada a lo largo de nuestra trayectoria universitaria, ha sido de enorme valor. Su generoso apoyo y disposición para compartir sus conocimientos prácticos resultaron fundamentales para la realización de este trabajo. Además, apreciamos profundamente sus constantes palabras de aliento, que fueron un pilar esencial durante el desarrollo de esta práctica. Sin lugar a dudas, su apoyo fue clave para alcanzar nuestros objetivos. Por último, de manera especial, agradecemos a Bodega Giménez Méndez por brindarnos las uvas necesarias para la realización de este trabajo, las cuales nos permitieron llevar a cabo un estudio de calidad, aportando significativamente al desarrollo del rubro vitivinícola.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, Mary y Yamandú, mi hermana, Yamila, y a mi novio Juan, quienes, con su amor incondicional, han sido mi fuente constante de motivación. Su apoyo inquebrantable, especialmente en los momentos más desafiantes, me acompañó en cada paso de este proceso. A ellos y a toda mi familia, quienes siempre han estado presentes, les debo gran parte de este logro.

De igual manera, extendiendo mi gratitud a todas aquellas personas que, de una u otra forma, me brindaron palabras de aliento y apoyo emocional. Sus contribuciones fueron clave en esta trayectoria. Asimismo, agradezco a las valiosas amistades que se forjaron a lo largo de mi paso por la carrera en la Facultad de Agronomía. Sin ustedes, este sueño no habría sido posible.

Sabrina.

Al culminar esta etapa tan significativa, quiero agradecer a quienes han sido pilares fundamentales a lo largo de mi carrera. En primer lugar, a mis padres, Washington y Marisel, cuyo amor y apoyo incondicional han sido la base sobre la cual he construido cada uno de mis logros. Ellos, siempre me inculcaron el amor por el campo, el valor y la importancia de estudiar, son quienes han estado presentes en cada paso, haciéndome entender que, con el apoyo de la familia y los amigos, el camino se vuelve más llevadero. Sin su constante aliento, este logro no habría sido posible.

A mis hermanos, Martín y Silvana, y a mis tías, Brenda y Carmen, les agradezco profundamente por el apoyo brindado durante todos estos años. Asimismo, quiero recordar con especial gratitud a mis tíos Mario y Ana, quienes, aunque ya no están físicamente entre nosotros, siempre supieron brindarme su comprensión, apoyo incondicional. Este logro también va dedicado a ellos.

A mis amigos de toda la vida, Tefi, Nati y Gastón, gracias por estar siempre a mi lado, escucharme y apoyarme, sin importar la distancia que nos separara.

Finalmente, agradezco a todas las amistades que surgieron durante estos años en la Facultad de Agronomía y en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni en Paysandú, con quienes compartimos no solo largas jornadas de estudio, sino también inolvidables momentos que dieron lugar a valiosas y duraderas amistades.

Valentina.

Tabla de contenido

Página de aprobación	2
Agradecimientos	3
Lista de tablas y figuras.....	7
Resumen	8
Abstract	9
1 INTRODUCCIÓN	10
1.1 Objetivo general	10
1.2 Objetivos específicos	10
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 Polifenoles.....	14
2.1.1 Antocianos y Taninos	14
2.1.2 Localización de taninos y antocianos en la uva.....	16
2.2 Color del vino.....	19
2.3 Elementos que intervienen en la extracción de compuestos fenólicos durante la maceración	19
2.4 Técnicas de vinificación.....	21
2.4.1 Maceración tradicional.....	21
2.4.2 Maceración con adición de enzimas de extracción	22
2.4.3 Maceración con adición de taninos de hollejos.....	23
2.4.4 Maceración extendida	23
2.5 Maceraciones de hollejos y semillas en solución simil-vino en baño termostatzado	24
2.6 Hipótesis de la investigación.....	25
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1 Operaciones realizadas durante la vinificación y descripción de los tratamientos.....	26
3.2 Diseño experimental en bodega.....	29
3.3 Descube, prensado y estabilización microbiológica del vino	29
3.4 Embotellado del vino	30
3.5 Seguimiento de la extracción de polifenoles de hollejos y semillas en solución símil-vino	30
3.6 Caracterización de la baya y obtención de extractos hidro-metanólicos de hollejos y semillas	31
3.6.1 Protocolo de extracción.....	31

3.7	Análisis estadístico	32
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1	Análisis de la composición polifenólica de la uva.....	33
4.1.1	Caracterización polifenólica de hollejos y semillas.....	33
4.1.2	Contenidos de taninos en hollejos y semillas.....	35
4.1.3	Contenidos de antocianos en las uvas	37
4.2	Seguimiento de la extracción de polifenoles de hollejos y semillas en soluciones modelo	38
4.3	Seguimiento de la extracción de antocianos y taninos durante las vinificaciones, según técnica de maceración.	41
4.4	Análisis de los vinos	43
4.4.1	Composición general de los vinos	43
4.4.2	Composición polifenólica de los vinos	46
5	SÍNTESIS Y CONCLUSIONES	56
6	BIBLIOGRAFÍA	58

Lista de tablas y figuras

Tabla 1 Datos de campo	26
Tabla 2 Caracterización general de la uva según variedad.....	27
Tabla 3 Datos de composición de las uvas	28
Tabla 4 Composición básica de los vinos	45
Figura 1 Evolución del destino de la producción en porcentaje, período 2014-2023 ..	12
Figura 2 Evolución del contenido en antocianos y taninos durante la maduración.....	16
Figura 3 Distribución dentro de la baya de uva de compuestos importantes para la calidad del vino.....	17
Figura 4 Representación esquemática de la localización de antocianos a nivel subcelular.....	18
Figura 5 Localización de los taninos en la baya.....	18
Figura 6 Representación de ensayos de vinificación 2023	29
Figura 7 Baño termostatzado con los respectivos ensayos	31
Figura 8 Polifenoles totales en hollejos según cultivar.....	33
Figura 9 Polifenoles totales en semillas según cultivar	34
Figura 10 Taninos en hollejos según cultivar.....	35
Figura 11 Taninos en semillas según cultivar	35
Figura 12 Antocianos en hollejos según cultivar.....	37
Figura 13 Evolución de la extracción de Taninos en hollejos según cultivar	38
Figura 14 Evolución de la extracción de Taninos en semillas según cultivar.....	39
Figura 15 Evolución de la extracción de Antocianos según cultivar.....	39
Figura 16 Evolución del contenido de Taninos durante la maceración según tratamiento.....	41
Figura 17 Evolución del contenido de Antocianos durante la maceración según tratamiento.....	42
Figura 18 Contenido en Polifenoles Totales de los vinos según cultivar y técnica de vinificación.....	47
Figura 19 Contenido de Taninos en vinos según cultivar y técnica de vinificación	48
Figura 20 Contenido de Antocianos Totales en vinos según cultivar y técnica de vinificación.....	50
Figura 21 Intensidad Colorante en vinos según cultivar y técnica de vinificación	52
Figura 22 Tonalidad en vinos según cultivar y técnicas de vinificación	54

Resumen

Este trabajo presenta la investigación realizada durante la vendimia 2023 donde el objetivo fue evaluar la respuesta de las variedades Arinarnoa, Marselan y Tannat a distintas alternativas de vinificación en tinto. Se caracterizaron las uvas de cada cultivar, con un enfoque especial en su composición fenólica, estudiando la cinética de extracción de estos compuestos desde los hollejos y semillas bajo condiciones controladas y de vinificación. Las vinificaciones incluyeron la maceración tradicional y técnicas conocidas por modificar la composición polifenólica de los vinos, como el uso de enzimas pectolíticas, la adición de taninos enológicos y la maceración extendida. Los vinos se analizaron a los dos meses del descube: polifenoles totales, antocianos, taninos, intensidad y calidad del color. En la vendimia considerada, las bayas de Marselan fueron las que registraron los mayores contenidos de polifenoles totales, taninos en hollejos y semillas. Los contenidos de antocianos de Marselan y Tannat fueron similares y superiores a los de Arinarnoa. La cinética de extracción de taninos de semillas estuvo en relación a los contenidos de estos compuestos en las uvas, por lo tanto, siendo superior en Marselan, menor en Arinarnoa e intermedio en Tannat. Sin embargo, la característica más sobresaliente del estudio, fue la inusualmente baja extracción de taninos de hollejos que se constató en Marselan, muy inferior a la observada en Tannat y particularmente Arinarnoa. Durante las vinificaciones, el agregado de enzimas pectolíticas tuvo un efecto muy significativo incrementando la extracción de antocianos y particularmente taninos en Marselan, cultivar que había presentado la mayor restricción para la extracción de estos compuestos desde los hollejos. En Arinarnoa el efecto de las enzimas no fue significativo, mientras que en Tannat incrementó la extracción de antocianos, cultivar caracterizado por una baja extractibilidad de los mismos. En los vinos, el efecto de las técnicas de vinificación también dependió del cultivar. En Marselan todas las alternativas a la maceración tradicional incrementaron los contenidos de polifenoles totales, en Arinarnoa los efectos no fueron significativos y en Tannat los decrecieron. No obstante, la adición de enzimas incrementó el color de Arinarnoa (8%) siendo el tratamiento con mayor efecto en la composición fenólica de Marselan, incrementando los contenidos de taninos (51%), antocianos (17%) y la intensidad colorante (10%) respecto a los vinos elaborados por maceración tradicional. Sin embargo, el mayor incremento en el color de este cultivar se apreció en los vinos del tratamiento con adición de taninos enológicos de hollejo (16%), consistente con el menor contenido natural de estos compuestos que es esperable en los vinos Marselan. En Arinarnoa este tratamiento disminuyó el color un 5% y en Tannat, la adición de taninos no tuvo efecto significativo. La maceración extendida únicamente incrementó los contenidos de taninos en Marselan (45%), teniendo efecto negativo en el resto de variables evaluadas en todos los cultivares. De esta forma, la interacción de la técnica de vinificación con el cultivar fue evidente. Por lo tanto, este estudio expone la relevancia de conocer las características de los cultivares para gestionar adecuadamente el proceso de vinificación.

Palabras clave: contenidos polifenólicos en uva, extracción de antocianos, extracción de taninos, técnicas de vinificación en tinto

Abstract

This work presents research conducted during the 2023 vintage, aiming to evaluate the response of Arinarnoa, Marselan, and Tannat grape varieties to different red winemaking alternatives. Grapes from each cultivar were characterized, with a particular focus on their phenolic composition, studying the extraction kinetics of these compounds from skins and seeds under controlled and winemaking conditions. The vinifications included traditional maceration and techniques known to modify the polyphenolic composition of wines, such as the use of pectolytic enzymes, the addition of enological tannins, and extended maceration. The wines were analyzed two months after devatting: total polyphenols, anthocyanins, tannins, along with color intensity and color quality. In the harvest considered, Marselan berries had the highest levels of total polyphenols, as well as tannins from both, skins and seeds. Marselan and Tannat had similar Anthocyanin contents, both of which were higher than those in Arinarnoa. The kinetics of seed tannin extraction correlated with the content of these compounds in the grapes, being higher in Marselan, lower in Arinarnoa, and intermediate in Tannat. However, the most remarkable feature of the study was the unusually low skin tannin extraction observed in Marselan, which was much lower than that found in Tannat and particularly Arinarnoa. Thus, during vinification, the addition of pectolytic enzymes resulted in the highest increase in anthocyanins and especially tannins in Marselan, the cultivar with the greatest restriction in extracting these compounds from the skins. In Arinarnoa, the effect of the enzymes was not significant, while in Tannat, it increased anthocyanin extraction, a cultivar characterized by low extractability of these compounds. In the wines, the effect of vinification techniques also depended on the cultivar. In Marselan, all alternatives to traditional maceration increased the total polyphenol content; in Arinarnoa, the effects were not significant, and in Tannat, they decreased. Nonetheless, enzyme addition increased the color of Arinarnoa (8%), being the treatment with the greatest effect on the phenolic composition of Marselan, increasing tannin content (51%), anthocyanins (17%), and color intensity (10%) compared to wines made by traditional maceration. However, the greatest increase in color for this cultivar was observed in wines treated with the addition of skin-derived enological tannins (16%), consistent with the naturally lower content of these compounds typically found in Marselan wines. In Arinarnoa, this treatment reduced color by 5%, and in Tannat, tannin addition had no significant effect on wine color. Extended maceration increased tannin content only in Marselan (45%), while having a negative effect on all measured variables in the other evaluated cultivars. Thus, the interaction of vinification technique with cultivar was evident. Therefore, this study highlights the importance of understanding cultivar characteristics to properly manage the winemaking process.

Keywords: Polyphenolic contents in grapes, anthocyanin extraction, tannin extraction, red winemaking techniques

1 INTRODUCCIÓN

En este estudio se propuso examinar el comportamiento enológico de las variedades Arinarnoa, Marselan y Tannat, las dos primeras por ser variedades que han incrementado su área de cultivo en Uruguay en los últimos años, y la tercera por ser la variedad emblemática de nuestro país. En dicho estudio se evaluó el potencial enológico de las variedades mencionadas, el cual fue caracterizado mediante la composición general de las uvas en la cosecha (azúcares, acidez, pH) y cuantificado el contenido de Polifenoles Totales, taninos (responsables de la astringencia y amargor, encontrándose tanto en semillas como en hollejos) y antocianos (responsables del color, ubicados en los hollejos). Por otro lado, empleando soluciones modelo, se evaluó la extracción de taninos y antocianos mediante las maceraciones de hollejos y semillas de cada variedad. También se evaluaron diferentes alternativas enológicas a la maceración tradicional, estas fueron: adición de enzimas o de taninos enológicos de hollejo, y maceración extendida, éstas han sido diseñadas para aumentar la extracción de taninos y/o antocianos durante la vinificación. Por último, en vino, los contenidos de estos compuestos fueron analizados mediante técnicas espectrofotométricas, junto con la evaluación de polifenoles totales y de color. Se espera que los resultados obtenidos en el presente trabajo, contribuyan a promover prácticas de vinificación de valor para productores vitivinícolas.

1.1 Objetivo general

Evaluar las características enológicas de las variedades Arinarnoa, Marselan y Tannat, considerando distintas alternativas de vinificación en tinto.

1.2 Objetivos específicos

- a) Ampliar el conocimiento sobre dos cultivares de creciente importancia en Uruguay, Arinarnoa y Marselan, y profundizar en el de Tannat, variedad ampliamente caracterizada en el país.
- b) Evaluar diferencias entre cultivares en la extracción de polifenoles, mediante técnicas de vinificación alternativas a la tradicional.
- c) Evaluar la extracción de polifenoles desde hollejos y semillas en los cultivares evaluados.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Según los datos estadísticos (Instituto Nacional de Vitivinicultura [INAVI], 2023a), en el año 2023, la vitivinicultura en Uruguay ocupó un área total de 5905 hectáreas, con aproximadamente el 79% de esta superficie dedicada al cultivo de uvas tintas y el restante 21% a uvas blancas. Esta actividad se desarrolla en un conjunto de 1103 viñedos registrados en INAVI y es administrada por un total de 794 productores (INAVI, 2023a). La distribución geográfica de los viñedos en el territorio nacional es de la siguiente manera: el 88.3% se ubica en la región sur del país [abarcando los departamentos de Canelones (66.5%), Montevideo (12.1%), Colonia (5%) y San José (4.7%)], en la zona sur-este, se ha observado un aumento tanto en la superficie como en el número de viñedos, principalmente en el departamento de Maldonado (7%), encontrándose el restante 4.7% distribuido en los demás departamentos, excluyendo Cerro Largo, Río Negro y Flores (INAVI, 2023a).

Durante el mismo año, se documentó una producción total de 71.378.947 kilogramos de uva, de los cuales el 77% corresponden a variedades tintas y el 23% a variedades blancas; de la cantidad total de kilogramos previamente mencionada, el 96% está asignado a variedades destinadas a la elaboración de vino, mientras que el restante 4% corresponde a variedades destinadas al consumo en fresco, comúnmente conocidas como variedades de mesa (INAVI, 2023a).

Al analizar la evolución de los diferentes destinos de la producción de uva (INAVI, 2023a) y comparar el porcentaje de participación en el año 2023 con la media del período (Figura 1), se pueden identificar las siguientes tendencias:

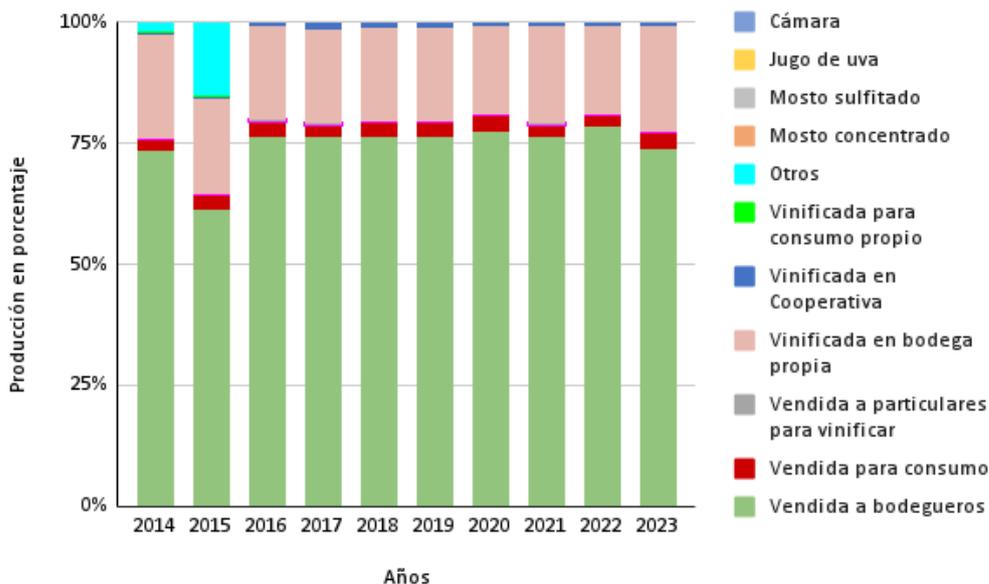
La uva destinada a la venta a bodegueros y las vinificadas en cooperativas ha experimentado un ligero aumento en su contribución al total de la producción.

En contraste, los demás destinos muestran una tendencia a la baja en su participación relativa.

Cabe mencionar que el destino denominado “Cámara” no registra producción, ya que su volumen está estrechamente ligado a la comercialización de uva en el mercado de consumo en fresco, encontrándose incluidos en esta última categoría.

Figura 1

Evolución del destino de la producción en porcentaje, período 2014-2023



Nota. Elaborado con base en INAVI (2023a).

En el territorio de Uruguay, se registra un conjunto de 211 bodegas, estando la mayoría de estas ubicadas en el departamento de Canelones, con un total de 114 bodegas en su jurisdicción (INAVI 2023a).

De la extensión total de viñedos del país previamente mencionado, que se destina a variedades tintas, se destacan Tannat (1566,8 hectáreas), Moscatel de Hamburgo (1049,9 hectáreas) y Merlot (615,3 hectáreas), (INAVI, 2023a).

En este trabajo se analizan las variedades tintas de Arinarnoa, Marselan y Tannat, debido a los objetivos previamente establecidos.

La variedad Tannat fue introducida del sudoeste de Francia en 1870 por Pascual Harriague. En Uruguay esta variedad es de gran relevancia, ocupando el 26,5% del total nacional de la superficie vitivinícola, y 27,54% de la producción (INAVI, 2023a). Esta cepa se caracteriza por la presencia de racimos grandes, mientras que sus bayas son de pequeñas a medianas y de forma redondeada, las hojas jóvenes presentan un color rojizo con áreas bronceadas, mientras que las hojas adultas, de un verde oscuro intenso, son de gran tamaño y tienen una forma pentagonal (Plantgrape, s.f.b). En la fase de madurez tecnológica, las uvas provenientes de esta cepa muestran una marcada concentración de azúcares, al mismo tiempo que mantienen niveles apreciables de acidez total. Cabe resaltar que además presentan un elevado potencial de síntesis de taninos y antocianos, lo que resulta en la producción de vinos de notable estructura y profundo color, siendo estos factores esenciales que inciden positivamente en su calidad (Boido et al., 2006; González-Neves et al., 2012; González-Neves, Barreiro et al., 2004). En el ámbito internacional de

la industria vitivinícola, existe un incremento en la demanda de estos vinos porque se consideran distintivos, dotados de una estructura compleja y potencial de envejecimiento. Es apreciable que una de sus cualidades más destacadas es su color intenso (Carrau et al., 2011; González-Neves, 1999, 2005; González-Neves et al., 2003, 2011; González-Neves, Gil, Ferrer et al., 2010). Existen investigaciones que demuestran que los vinos Tannat exhiben niveles de pigmentación superiores en comparación con vinos tintos elaborados a partir de otras variedades de uva (Alcalde-Eon et al., 2006; González-Neves, 1999, 2005; González-Neves & Gatto, 2001; González-Neves et al., 2001, 2003). Según Carrau et al. (2011), las uvas Tannat producen vinos que exhiben una gran estructura y contienen componentes que desempeñan un papel fundamental en la preservación del vino frente a la oxidación durante su almacenamiento y comercialización en botella. Cabe resaltar que la variedad Tannat presenta un alto índice de extractibilidad (EA), lo que indica una menor extracción de antocianos en comparación con otras variedades (González-Neves, 2005; González-Neves et al., 2003, González-Neves, Gil et al., 2006).

Marselan representa el 3,4% de la superficie total dedicada a la viticultura en el país y contribuye con el 3,17% de la producción nacional (INAVI, 2023a). Esta variedad se distingue por la presencia de racimos de tamaño reducido a mediano, con bayas de forma redondeada, de coloración oscura, que presentan bajo contenido de jugo (INAVI, 2023b). Marselan (*Vitis vinifera* L.) es una cepa de uva híbrida que resulta del cruce entre dos variedades conocidas, Cabernet Sauvignon y Grenache. A pesar de que en un principio las uvas Marselan se percibieron como poco valiosas para la industria vinícola debido a su rendimiento moderado, los vinos elaborados con ellas pueden alcanzar una calidad excelente. Esta calidad ha incentivado su cultivo en diversas regiones vinícolas. Los frutos de esta cepa generan un vino complejo e intensamente coloreado, caracterizado por taninos suaves y una mezcla de sabores que recuerdan a la grosella negra (Alcalde-Eon et al., 2006). Según Robinson et al. (2013), la cepa se destacó por su capacidad de adaptación al entorno, su robusta resistencia a enfermedades comunes, así como por el tamaño reducido de sus bayas, características que favorecen la elaboración de vinos con perfiles aromáticos intensos y colores profundos, complementados con taninos suaves. Este conjunto de atributos la convirtió en una opción altamente beneficiosa para la industria vinícola, lo que llevó a su registro oficial como variedad apta para la producción de vino en Francia en el año 1990 (Robinson et al., 2013). En estudios recientes, Favre et al. (2024), han corroborado que los vinos provenientes de esta cepa presentan una notable concentración de taninos procedentes de las semillas. Además, estos estudios indican que esta variedad podría caracterizarse por una menor capacidad para extraer taninos de los hollejos de las uvas durante el proceso de vinificación, lo que resultaría en una predominancia de los taninos derivados de las semillas.

La variedad de uva Arinarnoa abarca el 1,5 % de la extensión total de viñedos y contribuye con el 1,57 % de la producción vitivinícola a nivel nacional (INAVI, 2023a). Los racimos son grandes y las bayas de tamaño mediano y de morfología redondeada con sabor herbáceo, los vinos presentan una buena estructura (acidez y alcohol), con buena presencia de color y taninos, aromas complejos y persistentes (Plantgrape, s.f.a). Esta

cepa surge del cruzamiento entre dos variedades, Tannat y Cabernet sauvignon (Boido et al., 2019). En un estudio realizado por Boido et al. (2019) en variedades de uva tinta menos comunes, como Arinarnoa, muestra que éstas presentan un potencial enológico interesante, el cual puede ser aprovechado eficazmente en la producción de vino a través de la implementación de técnicas enológicas pertinentes.

2.1 Polifenoles

Los polifenoles son compuestos que se caracterizan por ser estructuras moleculares que presentan uno o más anillos fenólicos. Estos se sintetizan en grandes cantidades en las plantas, como parte de su proceso metabólico secundario. Se agrupan en: ácidos fenólicos, estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y flavonoides (Quiñones et al., 2012).

La comprensión detallada de la composición polifenólica de la uva resulta fundamental, especialmente en el contexto de la vinificación de vinos tintos, dado que posibilita la determinación del perfil específico del vino a producir y mejora la gestión de los procesos de vinificación de forma óptima (González-Neves, 2005; González-Neves et al., 2003; González-Neves, Ferrer et al., 2010; González-Neves, Gil, Ferrer et al., 2010). Un enfoque ampliamente aceptado para determinar el contenido total de compuestos fenólicos en el vino tinto es a través de un análisis colorimétrico de antioxidantes fenólicos y polifenólicos, conocido como método “Folin-Ciocalteu” (Singleton & Rossi, 1965).

2.1.1 Antocianos y Taninos

En el contexto del vino tinto, las clases predominantes de compuestos fenólicos son los taninos y los antocianos. Los taninos influyen notablemente en la percepción sensorial del vino en boca, además de interactuar con los antocianos para crear complejos poliméricos pigmentados que aseguran la estabilidad del color a lo largo del tiempo en el vino tinto (Kennedy, 2008).

Los antocianos desempeñan un papel fundamental en la coloración tanto de las uvas tintas como de los vinos tintos jóvenes, destacándose como los pigmentos predominantes en la naturaleza. En las uvas de las variedades de *Vitis vinifera* los antocianos presentes son monoglucósidos de malvidina, delphinidina, peonidina, petunidina o cianidina, siendo la variación de estos compuestos determinada por las sustituciones en la estructura molecular. Adicionalmente, se observa la presencia de antocianos acilados, donde la molécula de glucosa se encuentra esterificada con ácidos como acético, cafeico o p-cumárico (Monagas et al., 2005; Souquet et al., 2000).

El perfil de antocianos en vinos finalizados exhibe notables diferencias en comparación con el observado en los hollejos de las uvas (García-Beneytez et al., 2002). Este cambio parece ocurrir durante el proceso de fermentación, y las diferencias encontradas entre las uvas y los vinos podrían atribuirse a variaciones en la eficiencia de extracción de los antocianos, así como a procesos de degradación y polimerización.

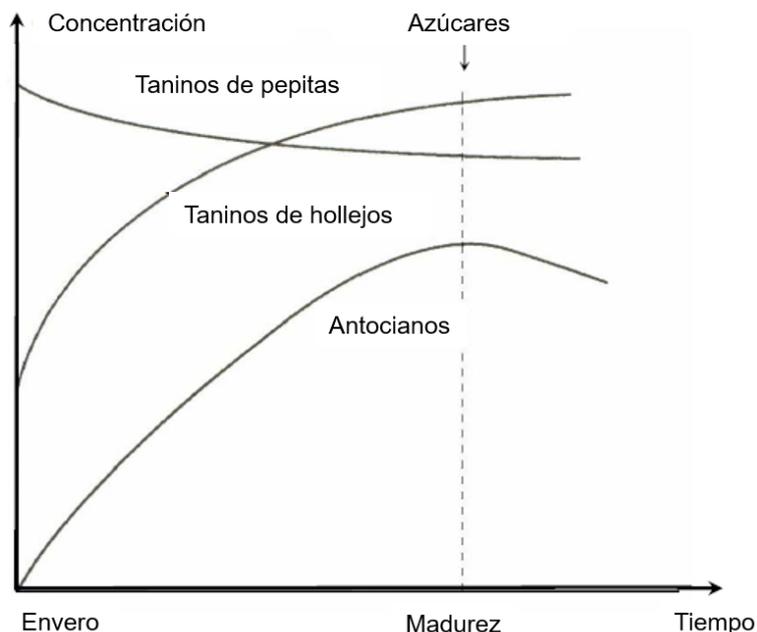
Además, las diferencias pueden también estar relacionadas con la capacidad variable de adsorción en las paredes celulares de las levaduras (Revilla & González-SanJosé, 2003a). Asimismo, González-Neves (2005) y Boido et al. (2006), destacaron que los antocianos son extraídos del mosto durante su elaboración. Sin embargo, una vez extraídos y tras la fermentación, su concentración tiende a disminuir, posiblemente debido a su adsorción inicial por las levaduras durante los primeros pasos del proceso de vinificación. Posteriormente, procesos como la condensación, polimerización, oxidación y precipitación podrían contribuir a la disminución de los antocianos. Estos procesos pueden implicar tanto la degradación de los antocianos como la formación de productos que pueden afectar la tonalidad del vino. En estudios llevados a cabo por González-Neves (2005), González-Neves et al. (2005), Von Baer et al. (2005) y González-Neves et al. (2012), se ha corroborado que el perfil antocianico de los vinos se encuentra mayormente influenciado por la variedad de uva, a pesar de las variaciones en los niveles de antocianos en la uva y de las interrelaciones entre diversas moléculas, las cuales son moduladas por las condiciones climáticas durante el período de maduración.

Los taninos, como compuestos fenólicos, desempeñan un papel fundamental en la definición de la calidad del vino tinto. Un atributo distintivo de los taninos radica en su capacidad para conferir al vino una gama de características sensoriales que varían desde extremadamente favorables hasta potencialmente desfavorables, incluyendo la posibilidad de generar una astringencia excesiva y amargor. Diversas investigaciones indican que el nivel de madurez de la uva influye en modificaciones en la concentración de taninos, su distribución entre hollejos y semillas, así como en su capacidad de ser extraídos (Favre et al., 2018).

El grado de madurez de la uva ejerce una influencia significativa en las cualidades y atributos del vino resultante. La concentración de polifenoles tiende a incrementarse a lo largo del proceso de maduración de la uva, aunque este aumento no sigue una progresión lineal (Figura 2). Durante el proceso de envero, se observa la aparición de antocianos, los cuales se acumulan progresivamente durante el período de maduración (Glories, 1999). Posteriormente, se registra un descenso en su concentración, generalmente coincidiendo con la etapa de sobremaduración de la uva. Sin embargo, numerosos trabajos muestran que este descenso puede darse antes de la madurez enológica de las uvas (González-Neves, 2005; González-Neves, Barreiro et al., 2004). Por otro lado, la cantidad de taninos presentes en los hollejos de la uva tiende a aumentar durante el proceso de maduración, alcanzando un punto máximo para luego mantenerse relativamente constante. En contraste, la concentración de taninos en las semillas muestra una tendencia descendente desde el envero, mientras que su grado de polimerización aumenta (Fernández-López et al., 1992; Mazza et al., 1999).

Figura 2

Evolución del contenido en antocianos y taninos durante la maduración



Nota. Adaptado de Glories (1999).

Los taninos inducen la sensación de astringencia en boca, la cual se caracteriza por una percepción de sequedad y contracción o tirantez. Esta cualidad es considerada deseable en el vino tinto cuando se encuentra en equilibrio con otros elementos, como el contenido de alcohol y azúcar (Gawel, 1998).

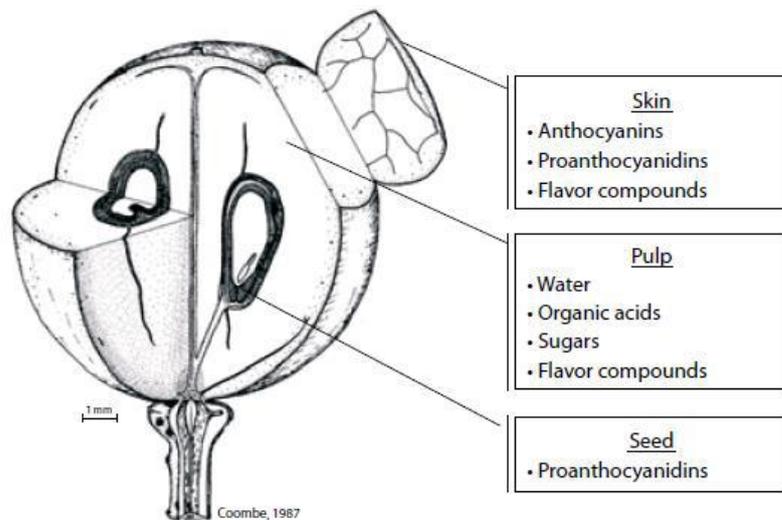
Los taninos son compuestos fenólicos altamente reactivos que se dividen en dos categorías principales: condensados e hidrolizables. De estos compuestos fenólicos solo los condensados están presentes en la uva, mientras que los hidrolizables se obtienen típicamente de los barriles de roble empleados en el proceso de envejecimiento del vino (Smith et al., 2015). Los taninos condensados se encuentran en el hollejo, la pulpa y las semillas de las uvas y se extraen con facilidad durante la elaboración del vino. Estos taninos son los principales contribuyentes a la astringencia del vino tinto, alcanzando concentraciones de hasta 4 g/L. Se componen de unidades repetidas de flavanoles, como la catequina, epicatequina, epigallocatequina y galato de epicatequina (Herderich & Smith, 2005).

2.1.2 Localización de taninos y antocianos en la uva

Desde un punto de vista enfocado en la calidad vinícola, los principales constituyentes fenólicos incluyen los ácidos hidroxicinámicos, las antocianos y los taninos (Ribéreau-Gayon, 1959, 1963, 1965, como se cita en Kennedy, 2008). La identificación de estos compuestos ha sido exitosa y se ha documentado ampliamente su distribución dentro de la baya de uva (Coombe, 1987, como se cita en Kennedy, 2008, Figura 3).

Figura 3

Distribución dentro de la baya de uva de compuestos importantes para la calidad del vino

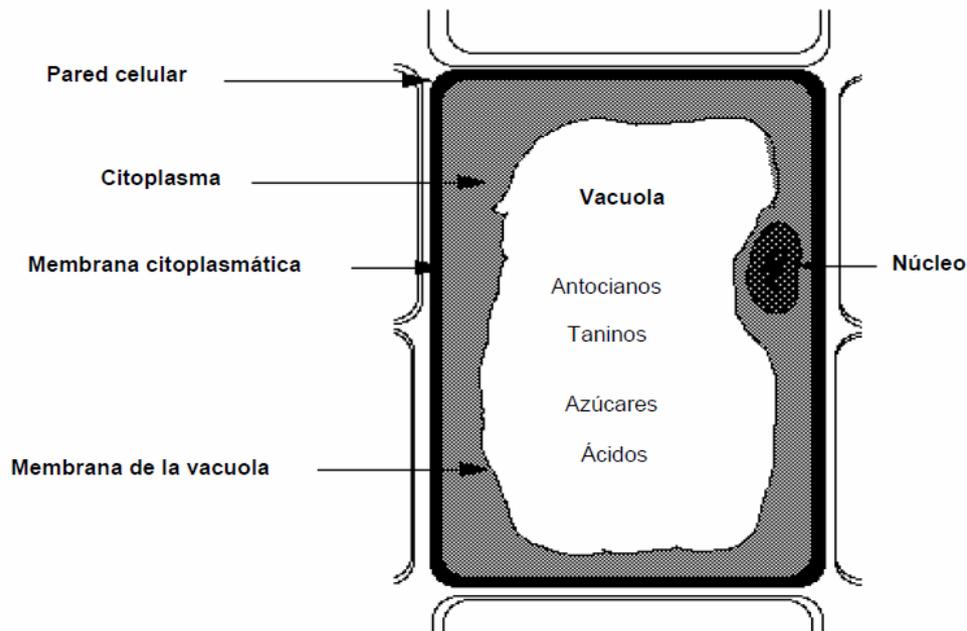


Nota. Tomado de Coombe (1987, como se cita en Kennedy, 2008).

Diversos autores exponen que los pigmentos antociánicos se encuentran predominantemente en los hollejos de las uvas tintas, en las tres o cuatro primeras capas celulares de la hipodermis, salvo en las variedades tintoreras, donde también se encuentran en la pulpa (Moskowitz & Hrazdina, 1981; Ros Barceló et al., 1994). A nivel subcelular, estas moléculas hidrosolubles se localizan típicamente dentro de las vacuolas, (Figura 4), donde pueden ser almacenados en estructuras esféricas llamadas "antocianoplastos" o "inclusiones vacuolares antociánicas" (Markham et al., 2000).

Figura 4

Representación esquemática de la localización de antocianos a nivel subcelular

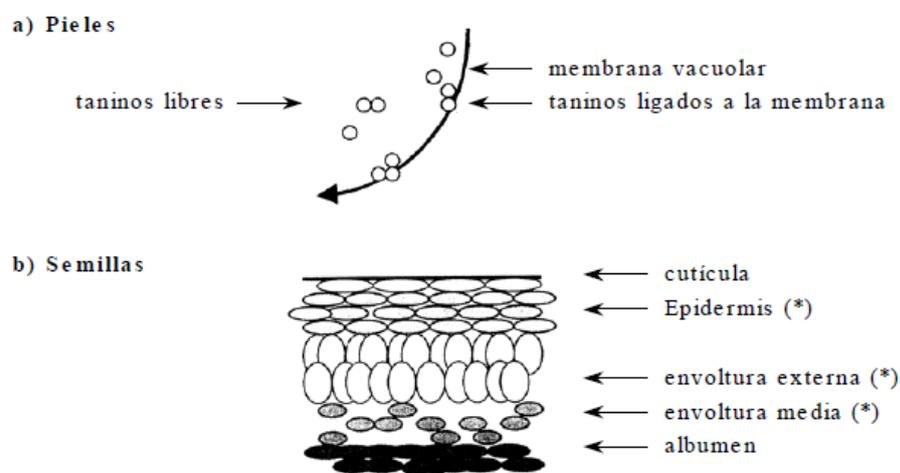


Nota. Tomado de Romero (2008).

Los taninos se encuentran localizados en el hollejo y en la semilla de la baya de uva (Figura 5). En el hollejo, se distribuyen en las células de la epidermis y de la hipodermis. En esta región, se observa la coexistencia de células tanto con taninos como sin ellos (Vila et al., 2009).

Figura 5

Localización de los taninos en la baya



(*) presencia de taninos (reacción al FeCl_3)

Nota. Tomado de Saint-Cricq et al. (1999, como se cita en Romero, 2008).

Cabe resaltar que la composición estructural de los taninos varía según la parte de la uva de la que provienen, lo que influye significativamente en las características sensoriales del vino (González-Neves et al., 2011). Asimismo, Cerpa-Calderón y Kennedy (2008) destacan la importancia de analizar tanto la cantidad total como la composición de los taninos de la uva para lograr una comprensión más profunda de su impacto en la calidad de la astringencia del vino. Según algunos autores como Ricardo-da-Silva et al. (1991), Moutounet et al. (1996), y Souquet et al. (1996, como se cita en González-Neves et al., 2011), los taninos presentes en las semillas contienen una mayor proporción de galatos y presentan un menor grado de polimerización en comparación con los taninos extraídos de los hollejos. Estas propiedades resultan en que los taninos de las semillas presenten una intensidad sensorial notablemente superior, evidenciándose en una mayor astringencia y amargor (Vidal et al., 2004). Asimismo, algunos autores señalan que la extracción de taninos desde los hollejos y las semillas difiere según el nivel de madurez de la uva (Gil et al., 2012).

2.2 Color del vino

El color del vino constituye uno de los atributos iniciales detectados por los consumidores, con potencial para incidir en su percepción y aceptación, proporcionando indicaciones acerca de su madurez, historial de almacenamiento, entre otros aspectos relevantes (Boido et al., 2007; González-Neves, Gil et al., 2006). Según lo expuesto por Canals et al. (2005), los vinos tintos de color intenso y con cuerpo son altamente valorados en el mercado y, por esta razón, los enólogos a menudo implementan técnicas para optimizar la extracción de pigmentos. Debido a la relevancia del color en la calidad del vino tinto, resulta fundamental poder evaluar de manera precisa los cambios y efectos que ocurren durante el proceso de vinificación.

2.3 Elementos que intervienen en la extracción de compuestos fenólicos durante la maceración

Uno de los factores que intervienen en la extracción de los compuestos fenólicos es la madurez de la uva. La maduración en el contexto vitivinícola es habitualmente conceptualizada como el lapso temporal que abarca desde la fase de envero, marcada por cambios visibles en la coloración de las uvas, hasta el momento culminante de la vendimia. Este periodo crucial se caracteriza por la evolución bioquímica y fisiológica de la uva, durante la cual se producen transformaciones significativas en la composición química, como el aumento de los niveles de azúcares, la disminución de ácidos y el desarrollo de compuestos aromáticos (Blouin & Guimberteau, 2004; Echeverría, 2005). Para diversos autores como Bindon et al. (2014) y Canals et al. (2005), en las uvas *Vitis vinifera L.* y sus vinos, el estado de madurez de la uva juega un papel fundamental en la determinación de la composición fenólica y aromática de los vinos subsiguientes. En estudios realizados por Bindon et al. (2014), se demostró que tanto los antocianos como los taninos presentes en el vino incrementan su concentración al dilatar la fecha de vendimia, así como también se daría un incremento en la extracción de los fenoles derivados de los hollejos. Asimismo, otras investigaciones (Robinson & Davies, 2000)

expresaron que la maduración de las uvas de *Vitis vinifera L.* implica una serie de procesos fisiológicos y bioquímicos complejos, durante los cuales las paredes celulares de los hollejos y las vacuolas experimentan una degradación gradual. Este proceso conlleva una desorganización progresiva de las células a medida que avanza la maduración, lo que facilita la liberación de componentes vacuolares, como antocianos y taninos. En investigaciones recientes llevadas a cabo por Casassa et al. (2019), se destaca que la madurez de la uva influye significativamente en la composición del vino y que, por lo tanto, sería razonable anticipar que los resultados obtenidos mediante una técnica específica de vinificación variarán según el momento en que se realice la vendimia.

La extensión del período de maceración comúnmente se reconoce como uno de los factores predominantes que influyen en la extracción fenólica (Ribéreau-Gayon et al., 2000, como se cita en Canals et al., 2005). En diversos estudios se ha comprobado que, a mayor tiempo de maceración, mayor proporción de taninos derivados desde las semillas (Casassa, Beaver et al., 2013; Cerpa-Calderón & Kennedy, 2008).

En investigaciones realizadas por Amrani y Glories (1994), se señala que las paredes celulares y las membranas vacuolares cumplen una función doble como barrera física y química, obstaculizando la difusión de compuestos fenólicos, como los taninos, en el vino. Esto se logra a través de la interacción de los taninos con las proteínas de las membranas vacuolares y los polisacáridos de las paredes celulares. Por lo cual resaltan que su extracción se torna desafiante en ausencia de etanol. Adicionalmente, la presencia de grupos de taninos que no se han solubilizado por el alcohol dificulta aún más el proceso de extracción. Ribéreau-Gayon (1982) señaló que el incremento del contenido de etanol durante el proceso de fermentación provoca una degradación gradual de los complejos de pigmentos, debido a la ruptura de los enlaces de hidrógeno entre los compuestos fenólicos asociados.

Por su parte, Canals et al. (2005) afirman que existe una correlación directa entre la concentración de etanol presente en los medios de maceración y la magnitud de la extracción de antocianos durante todas las fases de maduración. Es decir, a medida que la concentración de etanol aumenta, se evidencia un incremento significativo en la eficiencia de extracción de antocianos en el transcurso de todas las etapas de maduración. La misma afirmación se formula en relación a los compuestos fenólicos presentes en las semillas.

Los tratamientos mecánicos, como el bazuqueo, también pueden ser identificados como uno de los factores que contribuyen a la extracción de compuestos fenólicos, puesto que con este se logra hundir el sombrero, de modo que se elimina la estratificación, aumentando así las extracciones de taninos (en hollejos y semillas) y las de antocianos (hollejos) (Hidalgo, 2011).

2.4 Técnicas de vinificación

La técnica de vinificación tiene un efecto relevante en las extracciones de polifenoles, afectando las características de los vinos elaborados (González-Neves, Franco et al., 2006; Piccardo & González-Neves, 2013). Sacchi et al. (2005) señala que el incremento en la extracción de compuestos fenólicos a temperaturas de fermentación más elevadas se atribuye al aumento de la permeabilidad de las células hipodérmicas, propiciando la liberación de antocianos, así como al incremento de la solubilidad de otros fenólicos en la solución del vino.

Los antocianos, presentes de manera exclusiva en los hollejos, se transfieren al mosto desde los primeros instantes de la maceración, dado que su extracción resulta fácilmente viable en una fase acuosa. Su concentración alcanza su punto máximo entre el sexto y octavo día desde el inicio de este proceso, descendiendo posteriormente para alcanzar un estado de estabilización, este fenómeno se atribuye a los siguientes procesos: la refijación de las partes sólidas, precipitación en forma coloidal y destrucción por hidrólisis de su molécula (Hidalgo, 2011).

En el transcurso del proceso de maceración, tiende a haber una disminución significativa de los antocianos totales. Esta disminución puede atribuirse a diversas causas. En primer lugar, es posible que los antocianos experimenten procesos de degradación y/o absorción por parte de las levaduras presentes durante la fermentación, lo que podría incidir en la cantidad total de estas sustancias. Por otro lado, los antocianos comienzan a sufrir transformaciones, que dan lugar a la formación de nuevos pigmentos (Gil et al., 2012).

Según diversos autores, la aplicación de diversas estrategias enológicas tiene como objetivo modificar y regular la extracción de fenoles particulares, así como de compuestos aromáticos, durante el proceso de fermentación alcohólica (Mihnea et al., 2016; Sacchi et al., 2005; Smith et al., 2015).

2.4.1 Maceración tradicional

La producción de vino tinto mediante el método de maceración tradicional implica la interacción del mosto con los hollejos y semillas durante el proceso de fermentación alcohólica. La implementación de una maceración corta propicia la extracción selectiva de antocianos, ya que estos presentan una solubilidad considerable en agua. En contraste, la solubilidad de los taninos en soluciones alcohólicas condiciona su extracción a la culminación de la fermentación alcohólica (Amrani et al., 1994; Canals et al., 2005). De por sí, la maceración tradicional permite la extracción de pigmentos, taninos (mayoritariamente de los hollejos) y compuestos aromáticos, dando lugar a la elaboración de vinos tintos que pueden expresar las características distintivas del cultivar.

Se ha constatado específicamente que los vinos producidos mediante maceración tradicional a partir de cepas como Tannat, Merlot, Syrah, Cabernet Sauvignon, entre otras, exhibieron consistentemente elevadas concentraciones de taninos provenientes de los

hollejos, incluso en años en los cuales no fue factible obtener uvas con el nivel óptimo de madurez. Los vinos de los cultivares mencionados se distinguieron por exhibir una composición de taninos con notables proporciones de prodelfinidinas y polímeros. No obstante, en el caso específico de los vinos Marselan, se observó de manera consistente un perfil de taninos caracterizado por proporciones muy reducidas de prodelfinidinas, un grado medio de polimerización bajo y una elevada proporción de monómeros y dímeros. Estos resultados sugieren la presencia predominante de taninos derivados de semilla en los vinos Marselan, independientemente de otras variables consideradas (Favre et al., 2018). Por otra parte, Ribéreau-Gayon (1982) afirma que, una breve vinificación resulta en un vino con alta concentración de antocianos, pero baja en fenoles totales (y sobre todo en taninos); al extender el tiempo de maceración, los antocianos y la intensidad del color disminuyen, mientras que los fenoles totales continúan aumentando, aunque a un ritmo más lento.

2.4.2 Maceración con adición de enzimas de extracción

La maceración con adición de enzimas de extracción se ha establecido como una estrategia destacada, siendo actualmente la técnica de maceración enológica más empleada en la elaboración de vinos tintos y rosados (Mihnea et al., 2016). Esta técnica contiene una variedad de enzimas que principalmente actúan sobre las pectinas y polisacáridos presentes en la lámina media y la pared celular de las uvas (Bautista-Ortín et al., 2007). Esto implica que su actividad está dirigida hacia los tejidos que contienen taninos o que son barreras para su extracción (Bautista-Ortín et al., 2007; Bindon et al., 2014). Diversas investigaciones han demostrado que el uso de enzimas de maceración enológica puede alterar el perfil de antocianos, aumentar los niveles de compuestos fenólicos y mejorar el color de los vinos (González-Neves et al., 2016; Osete-Alcaraz et al., 2019; Traverso et al., 2015). Estudios diversos han confirmado la eficacia de las enzimas de maceración en incrementar los niveles de taninos en el vino (Ducasse et al., 2010; Favre et al., 2014), aunque algunos investigadores han observado que estas enzimas también facilitan la extracción fenólica de las semillas (Bautista-Ortín et al., 2012), existe consenso en la literatura de que su efecto principal radica en incrementar la extracción desde las células de los hollejos (Favre et al., 2014). Bautista-Ortín et al. (2012) informaron que el uso de enzimas de extracción ha resultado efectivo en aumentar los niveles de taninos derivados de los hollejos y semillas en los vinos. Estudios recientes han corroborado que los hollejos de la variedad Marselan contienen taninos con una polimerización significativamente mayor que los de otros cultivares como el Tannat y el Syrah (Favre et al., 2018; Favre et al., 2024). Otras investigaciones han demostrado que el grado de polimerización influye en la extracción de taninos, siendo los de mayor tamaño menos extraíbles desde los hollejos durante la maceración (Bindon et al., 2014). Recientemente, Kuhlman et al. (2022) informaron que el uso de enzimas pectolíticas en Cabernet Sauvignon aumentó el grado de polimerización de los taninos extraídos al vino.

2.4.3 Maceración con adición de taninos de hollejos

Las formulaciones enológicas de taninos son productos comerciales que contienen taninos extraídos de diversos órganos y especies vegetales (International Organisation of Vine and Wine, s.f.). Principalmente, se emplean con el objetivo de potenciar la intensidad, calidad, estabilidad del color del vino, y participa en reacciones complejas de envejecimiento del vino, según lo señalado por Obradovic (2006). La capacidad intrínseca de los taninos extraídos de las uvas para establecer complejos moleculares con los antocianos ha sido destacada en la literatura científica (Fulcrand et al., 2006), resulta esencial contar con un nivel apropiado de estos compuestos desde las fases iniciales de la fermentación con el objetivo de asegurar la formación de pigmentos estables en el vino (Sacchi et al., 2005).

Vignault et al. (2020) resaltan la correlación positiva entre una formulación específica y el incremento en los niveles de taninos, destacando la influencia directa de las composiciones específicas en las propiedades químicas del vino. Este hallazgo es congruente con los resultados obtenidos por Obradovic (2006), quien también observó mejoras en los niveles de taninos y en la apariencia cromática del vino bajo condiciones similares de formulación. No obstante, es pertinente señalar que otros estudios, como los conducidos por Ibáñez (2020), Delteil (2000), y Parker et al. (2007), no lograron identificar efectos significativos de determinadas formulaciones en los parámetros mencionados. Estos resultados divergentes sugieren la existencia de múltiples factores que podrían influir en la respuesta del vino a formulaciones específicas, indicando la complejidad intrínseca de este fenómeno.

Distintos autores han evidenciado que las paredes celulares de las células de la pulpa exhiben una marcada afinidad hacia los taninos, especialmente aquellos de elevado peso molecular, como los presentes en los hollejos (Bindon et al., 2012; Springer & Sacks, 2014). Los taninos presentes en los hollejos han sido documentados como aquellos que se extraen con mayor eficiencia durante las fases iniciales del proceso de maceración (Cheynier et al., 1997). En consecuencia, estos taninos son los más susceptibles de ser retenidos en interacciones con las células de la pulpa, atribuyéndose principalmente dicha retención a la composición de proteínas y pectinas que conforman las paredes celulares (Bindon et al., 2010; Springer & Sacks, 2014). Cabe destacar que investigaciones previas han evidenciado variaciones en dicha composición entre diferentes cultivares (Ortega-Regules, Ros-García et al., 2008).

2.4.4 Maceración extendida

La maceración extendida se caracteriza por ser análoga a la tradicional, diferenciándose únicamente por la prolongación de su duración. Conforme a estudios realizados por Casassa, Larsen et al. (2013), esta maceración consiste en prolongar el contacto de las semillas y hollejos con el vino una vez concluida la fermentación alcohólica. Por otro lado, en investigaciones llevadas a cabo por Bosso et al. (2009), se

señaló que la extracción tardía representa una técnica de interés y relativamente sencilla para incrementar la extracción de antocianos y taninos.

Cuando se lleva a cabo una maceración extendida, que incluye el contacto post-fermentativo con los hollejos, el procedimiento se orienta hacia la extracción de taninos provenientes de las semillas, complementando la extracción de los componentes presentes en los hollejos (Vrhovsek et al., 2002). Así mismo Gao et al. (2019), también destacan que el tiempo de maceración post-fermentativa, el cual facilita la solubilización de componentes de la pared celular de los hollejos, podría influir en la liberación de taninos provenientes de estos.

Según estudios realizados por González-Neves et al. (2007) y Casassa y Harbertson (2014), luego de alcanzado el máximo en los contenidos de antocianos, que para un gran número de cultivares se da durante los 4 o 5 días de maceración, se observa un descenso de los mismos, lo cual suele ir acompañado de la formación de pigmentos poliméricos precipitables con proteínas. Además, se destaca que también disminuye la saturación del color del vino, lo cual ocurre junto con la formación de pigmentos poliméricos. En relación con los taninos, estos autores destacan, por una parte, que los oligómeros de menor tamaño de los hollejos son extraídos en los primeros días de maceración, y, por otra parte, que la extracción de taninos de las semillas requiere un período de maceración más extendida, ya que esto permite la hidratación de las semillas, además de la filtración de las células del parénquima que son ubicadas debajo de la envoltura externa de la semilla.

Considerando que las semillas constituyen el principal reservorio de taninos en la uva, se observa un aumento tendencial en los niveles de taninos (Casassa, Beaver et al., 2013; Casassa, Larsen et al., 2013; González-Neves et al., 2012; González-Neves, Gil, Barreiro et al., 2010). Sin embargo, en el contexto de maceraciones de larga duración, se podría observar un desequilibrio entre la extracción de taninos y su reabsorción, lo que puede resultar en la disminución de los contenidos totales de estos compuestos (Casassa et al., 2019; Garrido-Bañuelos et al., 2021). Según Canals et al. (2005), una maceración prolongada resultará en vinos con una elevada concentración de taninos y una elevada astringencia, debido a que los hollejos y, especialmente, las semillas han permanecido en contacto durante un período extendido con un medio rico en etanol.

2.5 Maceraciones de hollejos y semillas en solución simil-vino en baño termostático

La utilización de un baño termostático facilita la ejecución de maceraciones en soluciones modelo bajo condiciones de temperatura controlada y agitación sistemática (Ribéreau-Gayon et al., 2006). Dada la implicación de la acumulación de taninos en la solución modelo en procesos de transferencia de masa y difusión, la agitación emerge como un factor crucial para favorecer la homogeneización del medio solvente y la renovación continua del líquido en contacto con las partes sólidas, tales como los hollejos

o las semillas, asimismo, este proceso, exhibe una dependencia significativa de la temperatura (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

2.6 Hipótesis de la investigación

Puede haber diferencias significativas en la extracción de antocianos y taninos relacionadas con el cultivar vinificado.

El empleo de diferentes técnicas de vinificación reconocidas por modificar la composición fenólica del vino puede contribuir a comprender las diferencias entre cultivares en la extracción de antocianos y taninos.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada durante la vendimia 2023 en la bodega experimental de Facultad de Agronomía (UdelaR), Unidad de Tecnología de los Alimentos, Grupo Disciplinario de Enología.

Las uvas utilizadas para las vinificaciones fueron cosechadas de un predio bajo manejo comercial perteneciente a la bodega de Giménez Méndez, ubicado en la localidad de Las Brujas, departamento de Canelones. Como se observa en la Tabla 1, los diferentes cultivares también tuvieron diferencias agronómicas y de manejo del cultivo. Sin embargo, en todos los casos las uvas de cada cuadro estuvieron destinadas a las mismas líneas comerciales de vinos.

Tabla 1
Datos de campo

Variedad	Arinarnoa	Marselan	Tannat
Clon	723	980	717
Porta injerto	Gravesac	3309C	SO4
Sistema de conducción	Espaldera	Lira	Lira
Sistema de poda	Guyot	Guyot	Guyot
Marco de plantación	2,50 x 1m	3,50 x 1m	3,20 x 1m
Edad (años)	16	16	24
Rendimiento kg/ha	14.080	11.470	19.740

Nota. J. Fernández (comunicación personal, 15 febrero, 2023).

3.1 Operaciones realizadas durante la vinificación y descripción de los tratamientos

Las cosechas, 120 kg de uva por cultivar, fueron realizadas en las primeras horas de la mañana. La recolección de las variedades de Marselan y Tannat se realizó el día 22 de febrero, mientras que la de Arinarnoa, cultivar más tardío, se efectuó el 8 de marzo. Las mismas se llevaron a cabo en madurez tecnológica, según seguimiento analítico realizado por técnicos del viñedo (evaluando parámetros como los contenidos de azúcares, el pH y la acidez total). Las uvas fueron trasladadas a la bodega experimental de Facultad de Agronomía en cajones de plástico de 20 kg. Luego de su ingreso, se realizaron dos muestreos de uva por triplicado de cada variedad, obteniendo un total 6 muestras de 100 bayas cada uno. Para cada muestra, se tomó de la zona central de 25 racimos al azar, un sector del mismo conteniendo entre 3 y 5 bayas. La muestra 1 se trabajó en fresco y estuvo destinada a ensayos de maceración a realizarse en baño

termostatzado, mientras que la muestra 2 fue preservada en freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta ser analizada (análisis de polifenoles de hollejos y semillas, luego de extracciones exhaustivas de estos compuestos sección 4.1).

Para cada vinificación de cada cultivar, se tomaron racimos al azar de todos los cajones de la variedad hasta totalizar 10 kg. El procesamiento de los mismos se realizó empleando una descobajadora-moledora Alfa 60 R (Italcom, Italia). Como parte del proceso de caracterización de los cultivares vinificados (Tabla 2), se registró las diferentes proporciones de las partes del grano, y de los escobajos, en los cuales se apreciaron diferencias importantes entre cultivares en todas las variables.

Tabla 2

Caracterización general de la uva según variedad

Variedad	Peso de la baya (g)	% Hollejos (m/m)	% Semillas (m/m)	N° Semillas	% de escobajos
Arinarnoa	$2,10 \pm 0,02$ a	$9,52 \pm 2,11$ a	$5,62 \pm 0,58$ b	276 ± 8 a	$3,4 \pm 0,47$ b
Marselan	$0,92 \pm 0,02$ c	$11,24 \pm 0,74$ a	$7,52 \pm 0,32$ a	230 ± 4 b	$5,8 \pm 0,75$ a
Tannat	$1,74 \pm 0,11$ b	$9,77 \pm 0,67$ a	$5,81 \pm 0,15$ b	200 ± 5 c	$4,6 \pm 0,42$ ab

Nota. Medias \pm desviaciones estándar (n= 3).

Inmediatamente luego de la molienda de cada tratamiento testigo de cada cultivar (3 muestras), se extrajeron de la tina 50 ml de mosto en tubo Falcon, para su caracterización analítica; pH (se registró con pH-metro Orion 410A (EE.UU.)), acidez total y sólidos solubles (se determinaron usando un refractómetro Atago MasterTA (Tokio, Japón), los resultados fueron detallados a continuación y exhibieron notables diferencias entre los diversos cultivares, reflejando las particularidades inherentes a cada uno de ellos (Tabla 3).

Tabla 3
Datos de composición de las uvas

Fecha	Cultivar	pH	Ac. Total	SS
09/03/2023	Arinarnoa	3,52 ± 0,03 a	3,38 ± 0,20 b	234 ± 1 c
23/02/2023	Marselan	3,33 ± 0,06 b	4,56 ± 0,32 a	241 ± 1 b
23/02/2023	Tannat	3,35 ± 0,02 b	4,23 ± 0,03 a	256 ± 0 a

Nota. Medias ± desviaciones estándar (n= 3). SS = sólidos solubles expresados en gramos por litro; Ac. Total= acidez titulable (en g/L de ácido sulfúrico).

El mosto obtenido, 9 kg, fue encubado en recipiente de polipropileno de calidad alimenticia de 10 L donde tuvo lugar la maceración-fermentación. Inmediatamente luego del encubado, se agregó metabisulfito de potasio (100 mg/L) y 3 g de sulfato de amonio por unidad experimental, homogeneizando luego de cada agregado.

En el tratamiento con adición de enzimas pectolíticas fueron agregados a continuación del encubado 0,3 mL de una formulación comercial (Trenolin® Xtract (ERBSLÖH Geisenheim, Germany) por unidad experimental, considerando la dosificación recomendada en el producto.

En cuanto al tratamiento con adición de taninos enológicos de hollejos, se empleó una dosis de 150 mg por kilo de uva Tannivin® Grape (ERBSLÖH Geisenheim, Germany), agregando el producto en el encubado. La dosis comercial sugería una dosificación en el rango de 1 a 15 g/100 L de mosto, por lo que se trabajó con una dosis elevada del producto.

Por último, se realizó la siembra de levaduras utilizando levaduras secas activas Natuferm 804 (OenoBioTech, Francia) en una dosis de 2 g por unidad experimental.

Durante el transcurso de las maceraciones, todas las mañanas se realizaron bazuqueos, desagregando y hundiendo el sombrero. Al mismo tiempo, se procedió a la medición de la densidad y la temperatura. Con una frecuencia de un día de por medio, además de las operaciones mencionadas previamente, se recolectaron dos muestras de mosto de 2 ml cada una, las que se dispusieron en tubos Eppendorf. A continuación, se colocaban en un congelador durante 5 minutos, seguido de una centrifugación a 13.500 revoluciones por minuto (rpm) durante 5 minutos, a los efectos de evitar durante los análisis la interferencia del mosto en fermentación. A partir del sobrenadante, se realizaron los análisis de Metil Celulosa (MC) y Antocianos Totales (AT). Los antocianos totales se evaluaron, según Ribéreau-Gayon y Stonestreet (1965, como se cita en Ribéreau-Gayon et al., 2006) ajustando los volúmenes de muestra y solventes para su análisis mediante detector de microplacas, y los taninos, a través del método de Sarneckis

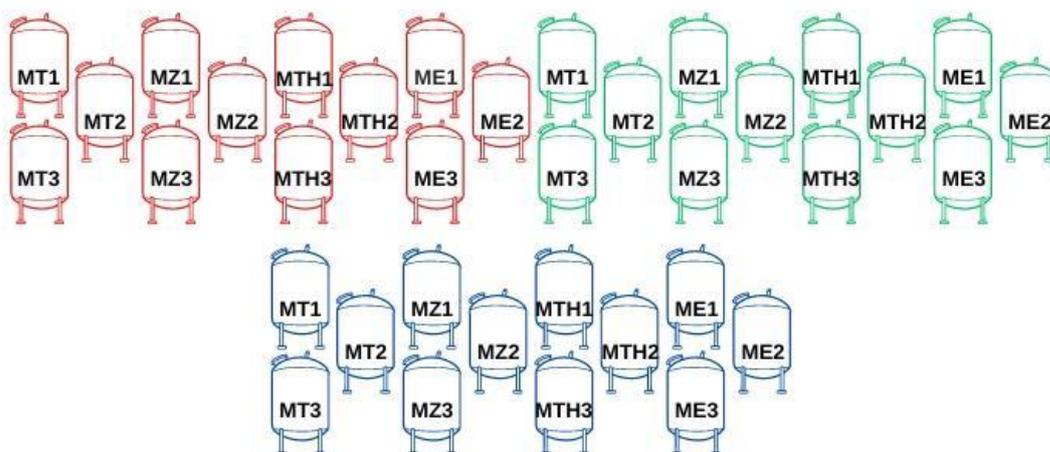
et al. (2006). El detector de microplacas empleado fue un SPECTROstar Nano (Bmg Labtech-D77799, Ortenberg, Germany).

3.2 Diseño experimental en bodega

En el ensayo, se implementó un Diseño Completamente al Azar, en el cual se dispusieron cuatro tratamientos por variedad, cada uno de ellos con tres repeticiones (Figura 6). La asignación de la uva a cada tratamiento fue completamente aleatoria. Cada unidad experimental consistió en un recipiente de 10 litros, fabricado en polipropileno de calidad alimenticia, conteniendo un volumen de 9 kg de mosto producido a partir de la molienda.

Figura 6

Representación de ensayos de vinificación 2023



Nota. La correspondencia de colores en el contexto de procesos de vinificación se establece de la siguiente manera: el color rojo se asocia a la variedad Arinarnoa, el verde se relaciona con Marselan y el azul representa a Tannat. En el ámbito de la maceración, se utilizan las siguientes siglas para describir distintos métodos: MT (Maceración Tradicional), MZ (Maceración con Agregado de Enzimas), MTH (Maceración con Agregado de Taninos de Hollejos) y ME (Maceración Extendida).

El tiempo de maceración fue de 7 días en todos los casos excepto en el tratamiento de maceración extendida donde la duración fue de 15 días.

3.3 Descubre, prensado y estabilización microbiológica del vino

El proceso del descube se inició obteniendo el vino gota por escurrido. A partir del mismo, se tomaron muestras para análisis de antocianos y taninos. Estos análisis significaron el final del seguimiento de la extracción de estos compuestos durante las maceraciones. A continuación, se procedió a prensar el orujo. El vino resultante se integró con el obtenido por escurrido en un recipiente de polietileno de 5 L de calidad alimenticia,

donde fueron adicionados 100 mg/l de metabisulfito de potasio para estabilizar microbiológicamente el vino.

3.4 Embotellado del vino

A partir de cada unidad experimental (UE), y luego de los primeros fríos (mayo), se procedió al trasegado del vino, transfiriendo el mismo a recipientes de vidrio de 375 mL. En este momento se tomaron muestras para el posterior análisis espectrofotométrico de antocianos, taninos, color (intensidad y calidad), y polifenoles totales. El color fue evaluado mediante los índices enológicos tradicionales de Glories (1984). Los polifenoles totales se determinaron con el reactivo de Folin Ciocalteu, adaptado por González-Centeno (2012) para su medición en detector de microplacas basado en la metodología propuesta por Singleton y Rossi (1965).

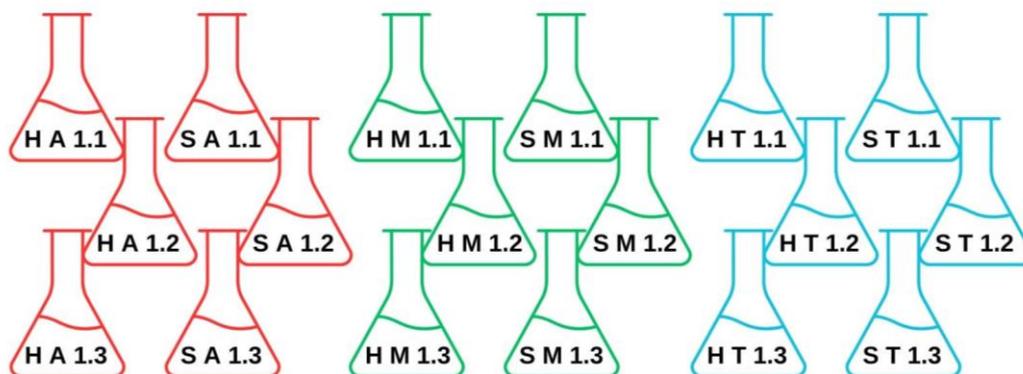
3.5 Seguimiento de la extracción de polifenoles de hollejos y semillas en solución símil-vino

Como se mencionó en el punto 3.1, se tomaron en la cosecha de cada cultivar muestras de bayas por triplicado, a partir de las cuales se separaron 100 bayas para Tannat y Marselan, y 50 bayas para Arinarnoa (éste cambio se realizó debido a que las bayas de Arinarnoa presentaron mayor tamaño, por lo tanto, no cabían 100 unidades en el matraz). De éstas bayas, se separaron los hollejos y las semillas, retirando cuidadosamente los restos de pulpa adheridos a estos tejidos. Posteriormente, se procedió a secar las semillas utilizando papel filtro, y se cuantificó el peso de cada tejido, así como el número de semillas. Las semillas y los hollejos fueron macerados por separado durante 15 días (al mismo tiempo que transcurría la maceración del respectivo cultivar en la bodega) en matraces de 110 ml, con 100 ml solución símil vino (compuesta por ácido tartárico 5 g/l, etanol 12,5% v/v y agua destilada), tapados con papel filme de silicona.

Las maceraciones se llevaron a cabo en un baño termostatzado a 25 °C (Figura 7), con el propósito de estandarizar condiciones de temperatura y agitación. Día por medio se realizaron mediciones espectrofotométricas por triplicado de los contenidos de taninos en las maceraciones de semillas, y de taninos y antocianos en el caso de las maceraciones de hollejos, empleando las metodologías descritas precedentemente.

Figura 7

Baño termostatizado con los respectivos ensayos



Nota. La correspondencia de colores de las maceraciones en soluciones símil vino de hollejos (H) y semillas (S), se establece de la siguiente manera: el color rojo se asocia a la variedad Arinarno (A), el verde se relaciona con Marselan (M) y el azul representa a Tannat (T). n=3.

3.6 Caracterización de la baya y obtención de extractos hidro-metanólicos de hollejos y semillas

A partir de las muestras de uvas refrigeradas (sección 3.1), se seleccionaron aleatoriamente bayas sin pedúnculo hasta completar por cultivar 3 muestras de 100 bayas cada una. Posteriormente, se separaron las partes del grano; hollejos, semillas y pulpa. Se procedió a la eliminación de cualquier residuo de pulpa que pudiera estar adherido a los hollejos (utilizando un bisturí) y a las semillas. En todos los casos se registró el peso de baya, y el de cada parte del grano.

Posteriormente, se procedió a obtener los extractos hidro-metanólicos de hollejos y semillas. Para esta tarea fueron considerados los hollejos provenientes de las 100 bayas. En el caso de las semillas, las correspondientes a cada muestra de 100 bayas fueron en primer lugar trituradas con un mortero hasta obtener un polvo homogéneo. De este se emplearon 2 gramos para el proceso de las extracciones.

3.6.1 Protocolo de extracción

Hollejos: cada muestra de hollejos fue procesada en una licuadora (Bosch, 600 W). Se adicionó el volumen de solvente correspondiente al peso de cada muestra manteniendo la relación sólido/líquido (12,5 mL de solvente de extracción por cada gramo de hollejo) propuesta por Castillo-Muñoz et al. (2009). Las muestras fueron procesadas en dos etapas. En la primera etapa, los hollejos se licuaron durante 30 segundos a velocidad mínima, seguidos de 1,5 minutos a velocidad máxima. Luego se detuvo el proceso para permitir la reincorporación de los restos de hollejos que permanecían adheridos a las paredes del recipiente. A continuación, se reanudó la trituración por 1,5 minutos adicionales a velocidad máxima. El líquido resultante se

transfirió a una cafetera de émbolo y se filtró a través de lana de vidrio dispuesta en un embudo. Posteriormente, el sobrenadante se transfirió a un frasco de vidrio color topacio. Los sólidos remanentes que persistieron en la cafetera y en la lana de vidrio después de la primera extracción, fueron introducidos en la licuadora nuevamente. Tras lavar la lana de vidrio con una porción de la solución extractora, se añadió el volumen de solvente requerido, que fue igual al utilizado en la primera extracción. La mezcla resultante fue licuada a velocidad máxima durante un período de 3 minutos. Se repitió la operación de filtrado, combinando los extractos obtenidos de ambas extracciones. En caso de que el volumen total de ambas extracciones excediera los 100 ml del frasco de vidrio color topacio, se procedía a filtrar ambos extractos homogeneizados en un matraz, para luego ser transferidos al frasco mencionado.

Semillas: se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el caso de los hollejos, pero utilizando 2 gramos de semillas y 50 ml de solución extractora por cada etapa de extracción (total 100 ml). Los extractos resultantes se mantuvieron refrigerados en frascos de vidrio color topacio en un congelador a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta sus análisis.

3.7 Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico empleando los programas R, R Studio e InfoStat. Se llevaron a cabo análisis de varianza, así como comparaciones de medias a través del procedimiento de Tukey con un nivel de significancia del 5%, con el propósito de evaluar las diferencias entre las distintas variedades.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de la composición polifenólica de la uva

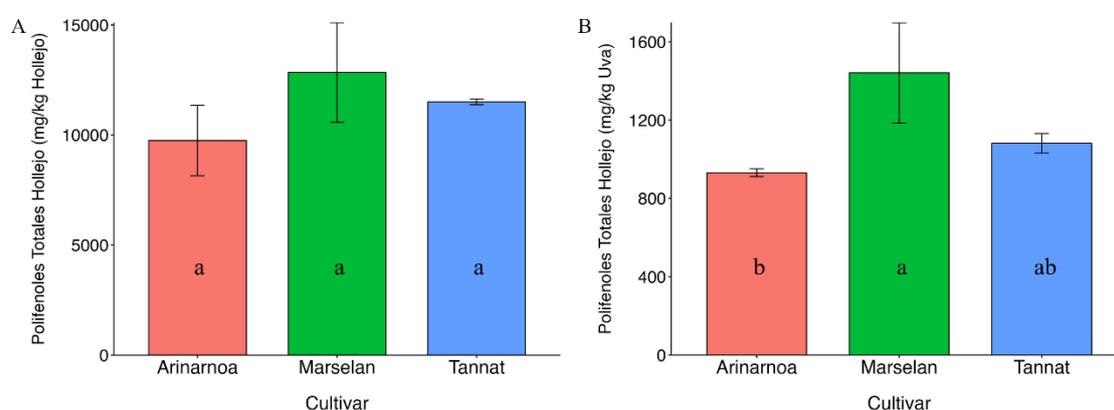
El estudio de la composición fenólica de la uva se realizó mediante el análisis de los extractos hidrometanólicos obtenidos de hollejos y semillas (sección 3.8). Se analizó el contenido en polifenoles totales, taninos y antocianos. Los resultados se presentan en mg/kg de uva, que es el dato de mayor interés productivo, pero también en mg por unidad de peso de tejido (hollejo o semilla), lo que permite caracterizar la uva de cada cultivar vinificado respecto a su capacidad de síntesis en los citados compuestos.

4.1.1 Caracterización polifenólica de hollejos y semillas

Polifenoles Totales. Las figuras 8 y 9 muestran los contenidos de polifenoles totales de los hollejos y las semillas correspondientes a las tres variedades analizadas.

Figura 8

Polifenoles totales en hollejos según cultivar



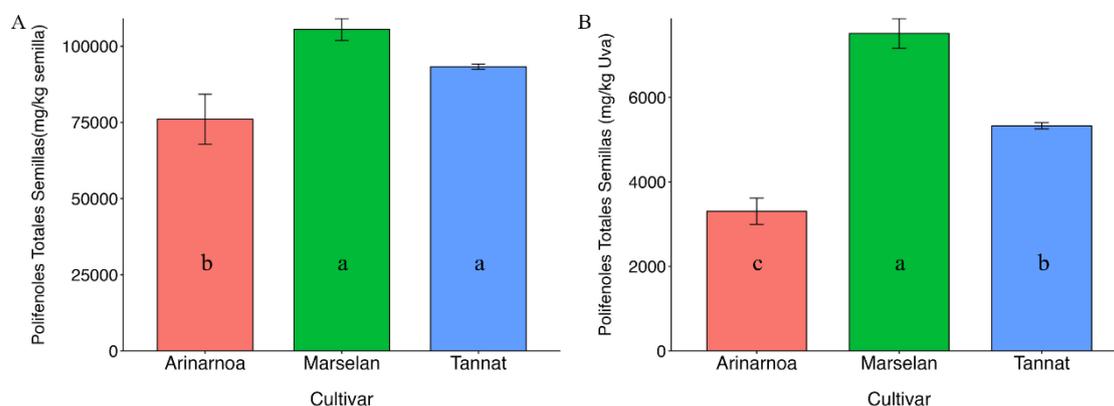
Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas entre cultivares (test de Tukey $p < 0,05$). Panel A: Polifenoles totales de hollejos (mg/kg de hollejos) según cultivar. Panel B: Polifenoles totales de hollejos (mg/kg de uva) según cultivar.

Las concentraciones expresadas en unidades de masa de tejido (Figura 8A), reflejan la capacidad de síntesis de polifenoles totales de cada cultivar bajo las condiciones agronómicas específicas. De las uvas empleadas en la investigación, las del cultivar Marselan fueron donde se presentaron los mayores contenidos de polifenoles totales en los hollejos, sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre cultivares debido a la importante variabilidad que se observó entre muestras de un mismo cultivar, particularmente evidente en Arinarnoa y Marselan. Cuando los contenidos fueron expresados en mg/kg de uva (Figura 8B), las diferencias entre cultivares fueron más evidentes, particularmente entre Arinarnoa y Marselan. Esto se debe a las diferencias entre cultivares en la proporción de las diferentes partes de la baya, hollejo, semilla y pulpa (Tabla 2). Los granos de uva de la variedad Arinarnoa fueron los de mayor tamaño, debido a un mayor contenido de pulpa, mientras que Marselan presentó las mayores proporciones de hollejo como se discutió anteriormente

(sección 3.1 Tabla 2). Resulta interesante destacar que si bien las condiciones de cultivo fueron diferentes en los 3 cultivares (Tabla 1), Marselan presentó contenidos de polifenoles de magnitud comparable a los de Tannat, cultivar ampliamente caracterizado por su alta capacidad de síntesis de estos compuestos (González-Neves et al., 2003; González-Neves, Ferrer et al., 2010).

Figura 9

Polifenoles totales en semillas según cultivar



Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas entre cultivares (test de Tukey $p < 0,05$). Panel A: Polifenoles totales de semillas (mg/kg de semillas) según cultivar. Panel B: Polifenoles totales de semillas (mg/kg de uva) según cultivar.

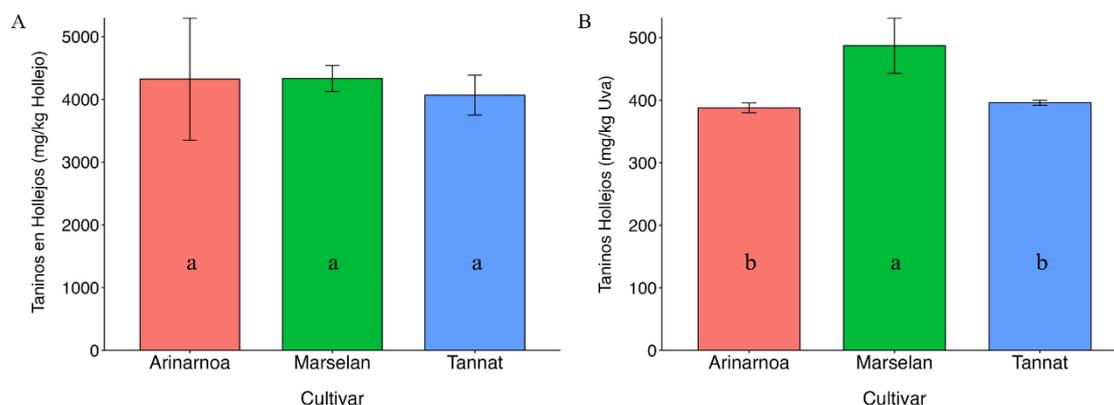
En las semillas, se observó que los contenidos de Polifenoles Totales fueron superiores en Marselan, intermedios en Tannat y significativamente menores en Arinarnoa. Expresados en mg/kg de tejido (Figura 9A), las variedades Tannat y Marselan no presentaron diferencias estadísticas. En todo caso los resultados expresan la menor capacidad de síntesis de polifenoles en las semillas de Arinarnoa respecto a Tannat y particularmente Marselan que destacó por los niveles conseguidos, concordando con Favre (2019).

Que las diferencias de Marselan respecto a los otros cultivares hayan sido mayores cuando los contenidos se expresan en mg/kg de uva (Figura 9B), se atribuye al mayor porcentaje de semillas por baya de este cultivar (Tabla 2). Por el contrario, la variedad Arinarnoa, al presentar un mayor peso individual de baya, debido a un mayor porcentaje de pulpa, experimenta el efecto contrario.

4.1.2 Contenidos de taninos en hollejos y semillas

Figura 10

Taninos en hollejos según cultivar



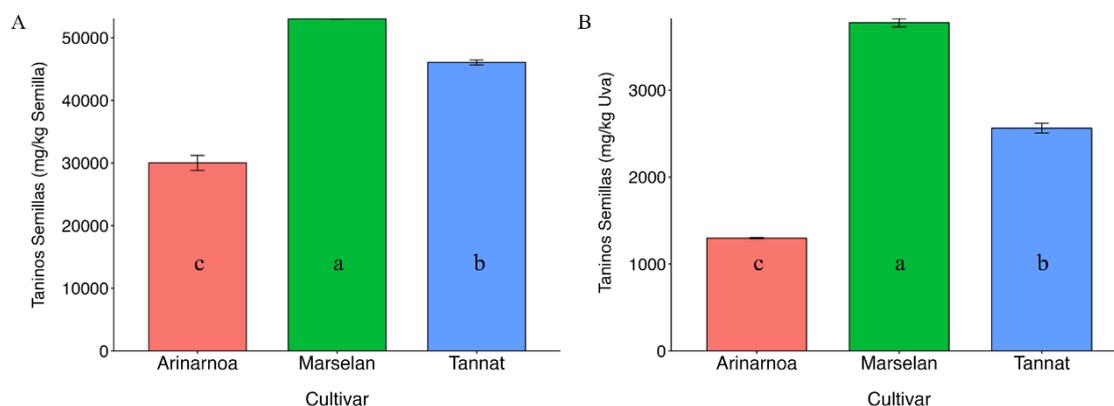
Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas entre cultivares (test de Tukey p < 0,05). Panel A: Taninos de hollejos (mg/kg de hollejos) según cultivar. Panel B: Taninos de hollejos (mg/kg de uva) según cultivar.

Resulta interesante observar que los tres cultivares presentaron una capacidad de síntesis de taninos similar en los hollejos (dato en mg/kg de tejido, Figura 10A).

Sin embargo, al observar el contenido de taninos de hollejos en mg/kg de uva (Figura 10B), se aprecia que la variedad Marselan presentó los mayores valores, Tannat intermedios y Arinarnoa los menores. Nuevamente, la relevancia del peso relativo de cada tejido en la baya, semilla, hollejo y pulpa (Tabla 2), explica las diferencias apreciadas entre cultivares.

Figura 11

Taninos en semillas según cultivar



Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas entre cultivares (test de Tukey p < 0,05). Panel A: Taninos de semillas (mg/kg de semillas) según cultivar. Panel B: Taninos de semillas (mg/kg de uva) según cultivar.

En las semillas, y a diferencia de lo observado en hollejos, los tres cultivares tuvieron diferencias significativas en la capacidad de síntesis de taninos. Las uvas Marselan mostraron la mayor capacidad de síntesis de estos compuestos (Figura 11A) lo que está de acuerdo con resultados de investigaciones previas (Favre et al., 2024). En dichos estudios, Marselan presentó los mayores contenidos de taninos en las semillas en comparación con Tannat y Syrah en dos vendimias consideradas (2015 y 2016). Favre et al. (2024) igualmente reportan que Tannat presentó valores elevados próximos a los de Marselan, mientras que otro cultivar, Syrah, tuvo una capacidad de síntesis significativamente inferior, como fue el caso de Arinarnoa en la presente investigación. Cabe destacar que ambos trabajos reportan una magnitud similar de taninos por unidad de peso de semilla (entre 30 y 50 mg/g).

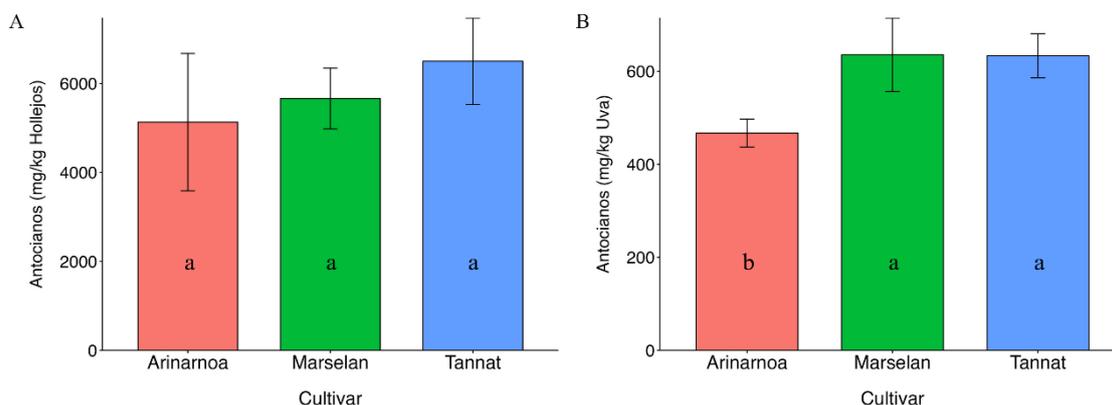
Cuando se expresan los contenidos de taninos por peso de uva, la diferencia de Marselan respecto a los otros cultivares se incrementa. Esto se debe a la mayor proporción de semillas en la baya que posee este cultivar como fue presentado (Tabla 2).

Si bien las tres variedades no tuvieron las mismas condiciones agronómicas de cultivo (Tabla 1), y es esperable que éstas afecten la síntesis de compuestos fenólicos en las uvas (González-Nevez et al., 2005, González-Neves, Gil et al., 2006), los contenidos relativos de taninos encontrados en Marselan respecto a los otros cultivares son de destacar. Particularmente dado que Tannat ha sido ampliamente caracterizado como un cultivar con una elevada proporción de semillas y de taninos de semilla (González-Neves et al., 2003; González-Neves, Barreiro et al., 2004; González-Neves, Gil et al., 2006). Al mismo tiempo, resulta interesante destacar, que Arinarnoa, siendo descendiente de Tannat (Tannat x Cabernet Sauvignon) si bien tuvo un porcentaje de semillas similar a este (Tabla 2) y superior al reportado para otros cultivares de importancia local e internacional como Merlot y Cabernet Sauvignon (González-Neves, Barreiro et al., 2004; González-Neves, Gil et al., 2006), tuvo una capacidad de síntesis de taninos en éstas muy inferior a Tannat. Este resultado puede ser de interés productivo, ya que es habitual en Tannat procurar limitar la extracción de taninos de semillas particularmente en la elaboración de vinos jóvenes.

4.1.3 Contenidos de antocianos en las uvas

Figura 12

Antocianos en hollejos según cultivar



Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas entre cultivares (test de Tukey $p < 0,05$). Panel A: Antocianos de hollejos (mg/kg de hollejos) según cultivar. Panel B: Antocianos de hollejos (mg/kg de uva) según cultivar.

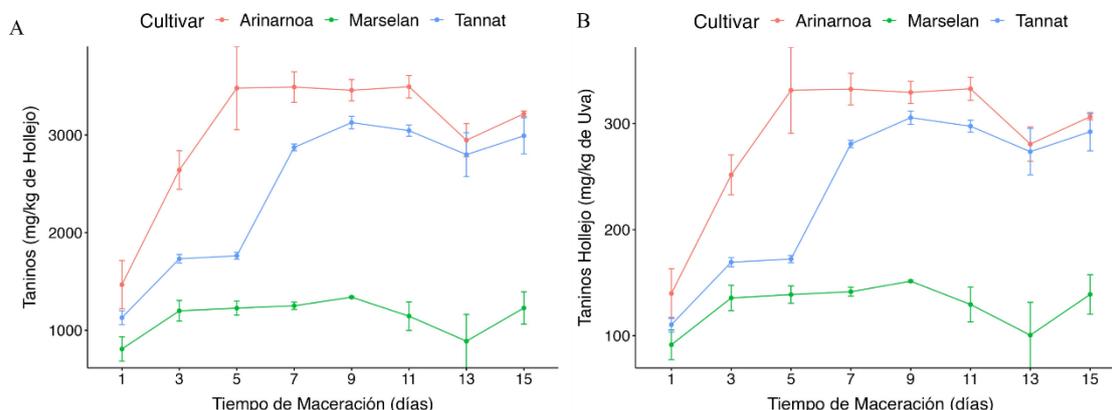
Se obtuvo una variabilidad importante entre las muestras relevadas de cada cultivar para el contenido de antocianos (Figura 12A), evidenciando las diferencias que pueden presentarse entre bayas en la concentración de estos compuestos lo que está de acuerdo con la literatura (González-Neves et al., 2012, 2019; Ortega-Regules, Romero-Cascales et al., 2008). Esto explica que las diferencias entre cultivares no fueron estadísticamente significativas. Sin embargo, los mayores registros se encontraron en Tannat, y los menores en Arinarnoa, mientras Marselan presentó contenidos intermedios. Esto está de acuerdo con la literatura, donde se ha verificado el elevado potencial para la síntesis de estos compuestos que posee el cultivar Tannat en el país (Boido et al., 2011; González-Neves et al., 2003, González-Neves, Charamelo et al., 2004; González-Neves, Gil et al., 2006). Igualmente, se ha observado en estudios precedentes que Marselan puede producir en las condiciones de cultivo del Sur de Uruguay uvas y vinos con elevados contenidos de antocianos (González-Neves et al., 2015, 2019).

Al evaluar el contenido de antocianos en mg/kg de uva (Figura 12B), se observó que las variedades Marselan y Tannat presentaron concentraciones similares y más elevadas en comparación con la variedad Arinarnoa, presentando esta última los menores contenidos, lo que se puede asignar a la mayor proporción de pulpa en este cultivar relativo a los restantes.

4.2 Seguimiento de la extracción de polifenoles de hollejos y semillas en soluciones modelo

Figura 13

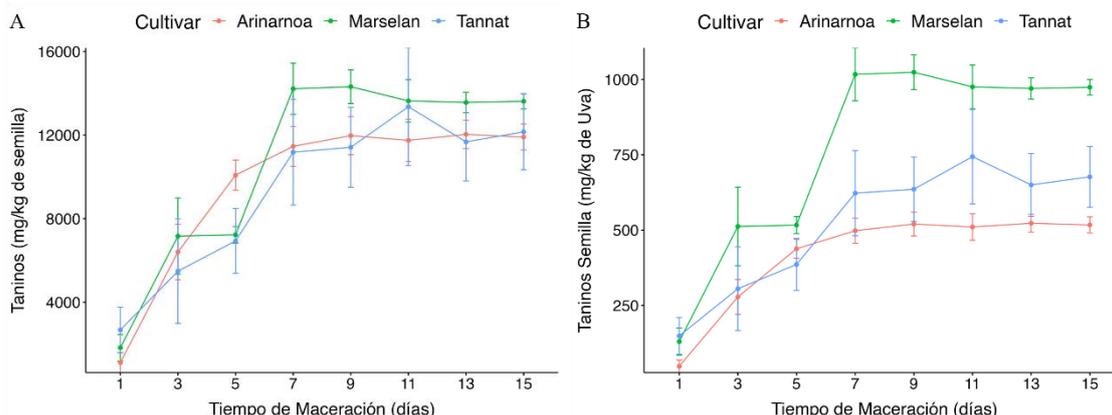
Evolución de la extracción de Taninos en hollejos según cultivar



Nota. Panel A: Taninos de hollejos (mg/kg de hollejos) durante la maceración según cultivar. Panel B: Taninos de hollejos (mg/kg de uva) durante la maceración según cultivar.

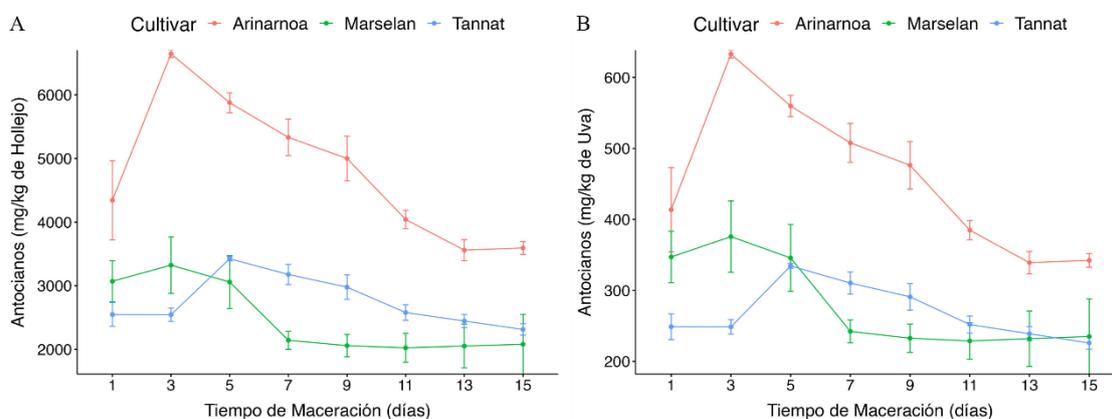
Para evaluar el comportamiento de los cultivares evaluados en la extracción de antocianos y de taninos desde hollejos y semillas se realizó el seguimiento analítico de los mismos en maceraciones con soluciones “simil vino” bajo condiciones controladas (Sección 3.5).

En primer lugar, se observa que la extracción de taninos desde los hollejos siguió una cinética diferente en los tres cultivares. Fue superior desde el primer día en la variedad Arinarnoa en relación a lo observado en los otros cultivares. De acuerdo con lo discutido en la sección 4.1.2 donde se mostró que el contenido en taninos de hollejos de las uvas Arinarnoa no fue superior al de los otros cultivares, este resultado implica que la extracción de los mismos fue mayor en esta variedad. Tannat siguió una cinética marcada por una extracción inicial inferior que Arinarnoa, lo que se revirtió luego del quinto día, pero siempre manteniendo registros menores que el mencionado cultivar. Cabe destacar que el máximo de extracción se registró antes en Arinarnoa que en Tannat (quinto vs. noveno día). Sin embargo, el resultado más destacado fue el observado en la maceración de hollejos de Marselan. La evolución de la extracción de taninos de hollejos no fue solo marcadamente diferente a la observada en Arinarnoa y Tannat, sino que también a lo esperado para la extracción de taninos de hollejos de acuerdo con la literatura (González-Neves, 2005). Este comportamiento posiblemente esté relacionado con la mayor proporción de los hollejos que se aprecia en las uvas Marselan (resultado de observaciones empíricas), lo que limitaría la difusión de los taninos hacia el medio de maceración (Bautista-Ortín et al., 2007; Bindon et al., 2014). Este resultado también es relevante, ya que prueba la hipótesis planteada en trabajos previos sobre que esta variedad presentaría problemas de extractibilidad de taninos de hollejos (Favre et al., 2024).

Figura 14*Evolución de la extracción de Taninos en semillas según cultivar*

Nota. Panel A: Taninos de semillas (mg/kg de semillas) durante la maceración según cultivar. Panel B: Taninos de semillas (mg/kg de uva) durante la maceración según cultivar.

En cuanto a la extracción de taninos desde las semillas se observó una evolución similar entre cultivares cuando los contenidos se expresan por unidad de masa de tejido (Figura 14A). Al día 7 de maceración se alcanzaron los máximos registros de taninos (Marselan) o la mayor parte de la extracción había tenido lugar (Arinarnoa y Tannat). Los mayores registros se presentaron en las maceraciones de Marselan, lo que se corresponde con los mayores contenidos de estos compuestos en las semillas de este cultivar (Tabla 2). Sin embargo, las diferencias son de menor magnitud que las observadas en los macerados de semilla triturada en soluciones hidrometanólicas (Figura 11). Las diferencias con las extracciones completas de taninos de semilla (Figura 11) corresponden a un orden de magnitud 10 veces menos, lo que subraya la relevancia de mantener la integridad de las semillas para limitar la extracción de taninos de las mismas.

Figura 15*Evolución de la extracción de Antocianos según cultivar*

Nota. Panel A: Antocianos de hollejos (mg/kg de hollejos) durante la maceración según cultivar. Panel B: Antocianos de hollejos (mg/kg de uva) durante la maceración según cultivar.

La capacidad de extracción de antocianos a lo largo de todo el período maceración fue notablemente superior en la variedad Arinarnoa, alcanzando su máximo en el día 3. En contraste, las variedades Marselan y Tannat tuvieron una menor cinética de extracción (siendo sus máximos en los días 3 y 5 respectivamente, concordando éste último con González-Neves et al., 2003), lo cual discrepa con González-Neves (2005) quien bajo condiciones experimentales diferentes a las de la presente investigación, obtuvo resultados en donde los niveles de dichos compuestos alcanzaron el máximo de extracción antes de las 24 hs de maceración y luego disminuyeron. Inicialmente, Marselan extrae una mayor cantidad de antocianos que Tannat, pero esta tendencia se invierte posteriormente en el resto del período de maceración.

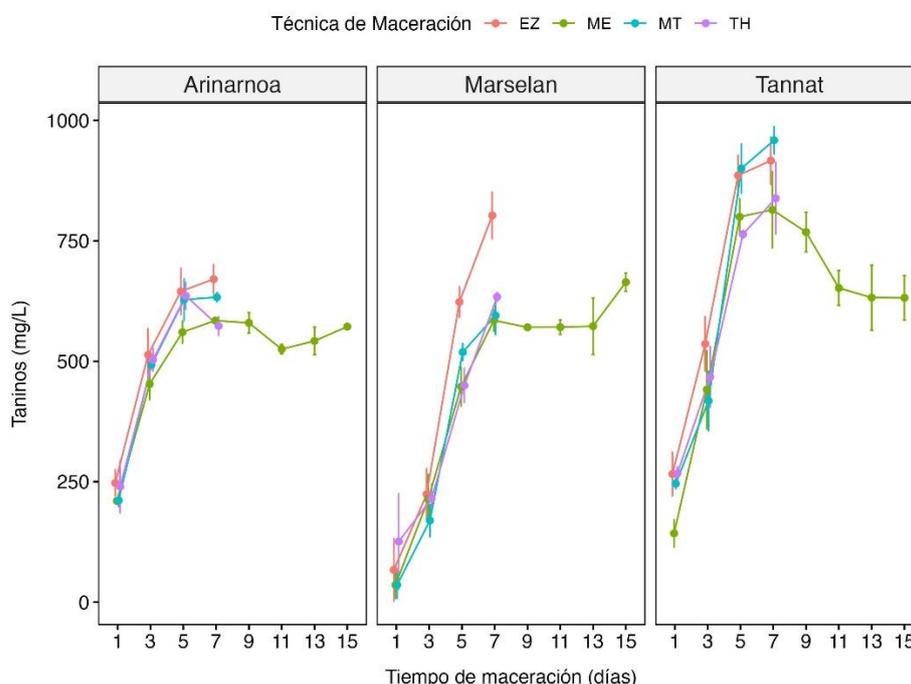
En síntesis, la variedad Arinarnoa tuvo la mayor acumulación de antocianos durante las maceraciones modelos, sugiriendo una alta extracción de los mismos dado que fue el cultivar con menores contenidos en uva (Figura 12). Tannat, aunque no presentó diferencias estadísticas en relación con Marselan (Figura 12), mostró problemas de extracción de antocianos, resultado ampliamente respaldado por la literatura nacional (González-Neves, 2005; González-Neves, Charamelo et al., 2004; González-Neves, Ferrer et al., 2010; González-Neves, Gil et al., 2006). Por su parte, lo observado en Marselan, se corresponde con la discusión realizada anteriormente para el caso de los taninos (Figura 13).

Sería interesante en futuros estudios, analizar la variedad Arinarnoa mediante la metodología propuesta por Glories y Augustin (1993, como se cita en González-Neves, Gil et al., 2006). Dicha metodología, ampliamente empleada en el país para la caracterización de otros cultivares como Tannat, Merlot y Cabernet Sauvignon, fue particularmente propuesta para evaluar la extractibilidad de los antocianos en condiciones de vinificación (González-Neves, Gil et al., 2006; González-Neves, Gil, Ferrer et al., 2010). Marselan por su parte merece más estudios que permitan profundizar en las causas de la baja extracción de polifenoles desde los hollejos, ya que, en estudios previos (datos no publicados) los índices de Glories y Augustin (1993, como se cita en González-Neves, Gil et al., 2006), no permitieron concluir sobre la particular dificultad en este cultivar.

4.3 Seguimiento de la extracción de antocianos y taninos durante las vinificaciones, según técnica de maceración.

Figura 16

Evolución del contenido de Taninos durante la maceración según tratamiento



Con relación al contenido de taninos, se observó una variación que osciló entre 30 y 960 mg/L. Durante los primeros siete días de maceración, en los cuales se evaluaron los cuatro tratamientos en conjunto, se pudo apreciar que la variedad Tannat exhibió el mayor contenido de taninos. Si bien esta variedad presenta menor contenido de taninos en semilla durante la maceración que Marselan, y menor contenido en hollejos que Arinarnoa, el mayor contenido de taninos en el mosto de Tannat está relacionado con la mayor facilidad de extracción de estos compuestos (Sección 4.2). Por otro lado, se observó que la variedad Marselan presentó niveles más bajos de taninos, especialmente acentuados al inicio de la maceración, presentando dificultad en la extracción de estos compuestos desde los hollejos, lo que se corresponde con los estudios realizados en el laboratorio (Sección 4.2). En las maceraciones extendidas, que abarcaron desde el día 7 al 15, se observó un descenso en el contenido de taninos, seguido de una tendencia a la estabilización (Casassa et al., 2019; Garrido-Bañuelos et al., 2021).

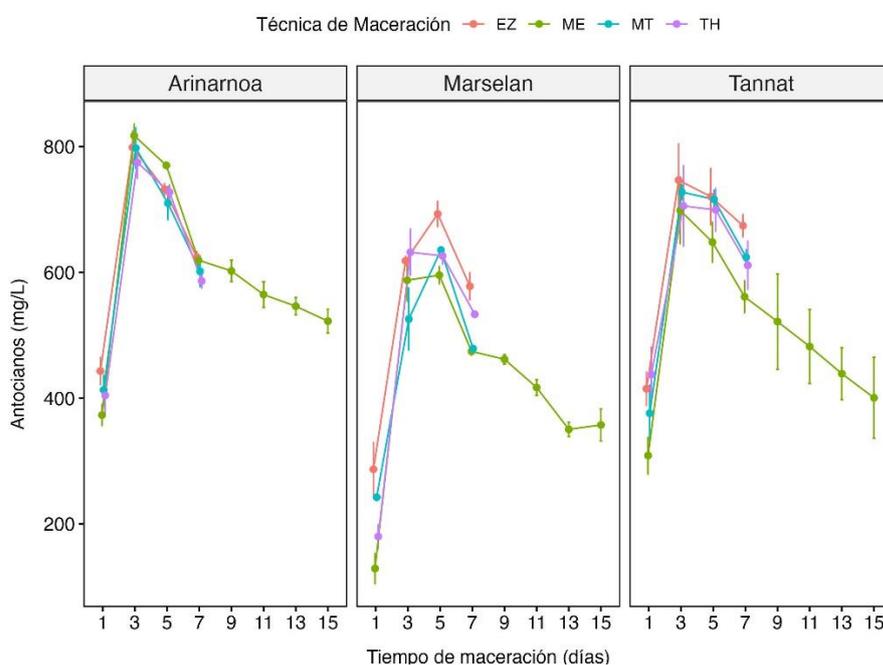
En el caso de la variedad Arinarnoa, ninguno de los tratamientos aplicados mostró efectos significativos en comparación con la maceración tradicional, excepto en el día 7, donde con el agregado de taninos de hollejos se observó una disminución significativa en el contenido de taninos con respecto a la tradicional (Bautista-Ortín et al., 2007). Este descenso no se corresponde con la cinética de extracción observada en el tratamiento y pudo deberse a un efecto del muestreo.

En cuanto a la variedad Marselan, durante los primeros tres días de maceración, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, a partir del día 3, se registró un incremento significativo en la extracción debido al agregado de enzimas, el cual se volvió más evidente con el transcurso de los días. Respecto a la maceración extendida después del día 7, se observó una tendencia a la estabilización del contenido en taninos hasta el día 13, seguida de un aumento significativo, concordando con Gao et al. (2019), Casassa, Larsen et al. (2013), González-Neves et al. (2012), Ortega-Regules, Romero-Cascales et al. (2008) y Harbertson et al. (2002). Es el único cultivar donde se observa este comportamiento, relacionado al mayor contenido de taninos en las uvas Marselan (Sección 4.1.2) y particularmente por su mayor facilidad de extracción desde las semillas (Sección 4.2), lo cual es sabido que los taninos encontrados en éstas demoran más tiempo en extraerse (Casassa, Larsen et al., 2013; Cerpa-Calderón & Kennedy, 2008). Sería pertinente considerar en futuros estudios una maceración con adición de enzimas de extracción y una maceración extendida, ambas de mayor duración.

En la variedad Tannat, en el muestreo del día 1 al inicio de la maceración, se evidenció el efecto del agregado de taninos de hollejos y enzimas pectolíticas, superando el promedio de los registros en las maceraciones tradicional y extendida. Durante la maceración extendida, se registró un descenso en taninos con respecto al pico máximo entre el día 7 y 11, seguido de una tendencia a la estabilización en los días subsiguientes. Dicho descenso en esta fase de maceración prolongada fue el mayor observado considerando los 3 cultivares evaluados, como ha sido documentado por investigadores (Casassa et al., 2019; Garrido-Bañuelos et al., 2021). Cabe destacar que, al momento del descube, el agregado de enzimas y taninos de hollejos no mostraron diferencias significativas con respecto a la maceración tradicional.

Figura 17

Evolución del contenido de Antocianos durante la maceración según tratamiento



El contenido de Antocianos varió entre 130 y 820 mg/l considerando los tres cultivares. Diversos estudios sostienen que los niveles máximos de antocianos en el mosto se alcanzan durante los primeros días de maceración (Bautista-Ortín et al., 2007; Gil-Muñoz et al., 1999; Gómez-Plaza et al., 2001; Ribéreau-Gayon, 1982), lo que se corresponde con lo observado en este trabajo. La variedad Arinarnoa presentó una cinética de extracción de antocianos superior a las otras variedades estudiadas en correspondencia con lo observado en las extracciones en soluciones modelo (Figura 15). Marselan, tuvo niveles menores de antocianos, lo cual se podría explicar por una mayor dificultad en la extracción de estos compuestos, como se mencionó anteriormente (Figura 15). Por otro lado, las variedades Arinarnoa y Tannat mostraron niveles más altos de antocianos al inicio de la maceración. Respecto al momento de máxima extracción, se observó que para los tratamientos de Arinarnoa y Tannat, esto ocurrió en el día 3, mientras que en Marselan se observó lo mismo solamente en el tratamiento con agregado de taninos de hollejos, siendo el día 5 para la maceración de dicha variedad donde se generó la mayor extracción de antocianos para los restantes 3 tratamientos, lo cual concuerda con Casassa y Harbertson (2014) quienes afirman que después del día 4 o 5 la extracción de antocianos comienza a descender.

En la variedad Arinarnoa, las alternativas de vinificación a la maceración tradicional no modificaron significativamente la extracción de antocianos. Si bien es la variedad que presenta menor contenido de estos compuestos en las uvas (Figura 12), también es la que presenta mayor extracción de antocianos (Figura 15), lo cual explica los mayores contenidos observados durante las maceraciones. Estos atributos en su conjunto son enológicamente relevantes para caracterizar la variedad en el país. En cuanto a Marselan, a pesar de su menor extracción inicial de antocianos, el agregado de enzimas pectolíticas tuvo un efecto positivo en la extracción durante todo el período de maceración concordando con González-Neves et al. (2016), Osete-Alcaraz et al. (2019), Traverso et al. (2015) y Pardo et al. (1999), alcanzando su punto máximo en el día 5, contribuyendo a superar la limitación en la extracción de antocianos asociada a la mayor proporción de hollejos que presenta esta variedad (Figura 15). En el caso de la variedad Tannat, la extracción inicial fue intermedia entre la observada en Marselan y Arinarnoa. Cabe destacar que hasta el día 7 de maceración, la maceración con enzimas tuvo diferencias de mayor magnitud con la extendida, a pesar de que esta última fue conducida de igual manera que la maceración tradicional. Por lo tanto, estos resultados estarían mostrando que la adición de enzimas pectolíticas al mosto podría contribuir a mejorar la baja extracción de antocianos en la variedad Tannat como lo respalda la literatura González-Neves et al. (2016) y Bautista-Ortín et al. (2007).

4.4 Análisis de los vinos

4.4.1 Composición general de los vinos

El análisis de los vinos es fundamental para comprender y caracterizar sus propiedades físico-químicas, las cuales influyen directamente en su calidad y perfil

organoléptico. En este contexto, se analizaron diversos parámetros relacionados con la composición química general de los vinos obtenidos mediante las diferentes técnicas de vinificación descritas previamente (Tabla 4).

Tabla 4
Composición básica de los vinos

Cultivar	Tratamiento.	Etanol	Acidez Total (g/L)	Acidez Volátil (g/L)	Azúcares Reductores (g/L)	pH
Arinarnoa	mt	13.91 ± 0.14 ab	3.93 ± 0.07 b	0.42 ± 0.02 a	1.55 ± 0.05 b	3.48 ± 0.03 a
	ez	13.98 ± 0.05 a	4.15 ± 0.03 a	0.36 ± 0.02 b	1.92 ± 0.04 a	3.41 ± 0.01 b
	th	13.96 ± 0.11 a	3.97 ± 0.05 b	0.42 ± 0.02 a	1.52 ± 0.09 b	3.48 ± 0.02 a
	me	13.66 ± 0.05 b	3.93 ± 0.02 b	0.44 ± 0.02 a	1.46 ± 0.03 b	3.50 ± 0.02 a
Marselan	mt	13.94 ± 0.02 a	3.10 ± 0.08 b	0.52 ± 0.07 a	2.04 ± 0.07 b	3.70 ± 0.02 ab
	ez	13.86 ± 0.12 a	3.30 ± 0.02 a	0.46 ± 0.05 a	2.60 ± 0.26 a	3.69 ± 0.04 b
	th	13.80 ± 0.05 a	3.10 ± 0.03 b	0.48 ± 0.00 a	1.99 ± 0.14 b	3.76 ± 0.01 a
	me	13.45 ± 0.21 b	3.03 ± 0.04 b	0.46 ± 0.02 a	1.69 ± 0.12 b	3.74 ± 0.02 ab
Tannat	mt	14.83 ± 0.05 a	3.36 ± 0.06 b	0.46 ± 0.01 ab	1.54 ± 0.08 b	3.74 ± 0.04 a
	ez	14.83 ± 0.07 a	3.62 ± 0.03 a	0.40 ± 0.02 c	1.94 ± 0.09 a	3.62 ± 0.02 a
	th	14.66 ± 0.11 a	3.52 ± 0.05 a	0.43 ± 0.02 bc	1.58 ± 0.14 b	3.66 ± 0.04 a
	me	14.01 ± 0.24 b	3.38 ± 0.07 b	0.5 ± 0.02 a	1.44 ± 0.10 b	3.70 ± 0.07 a

Nota. Los datos son la media ± DE, n = 3. En cada columna y para cada cultivar, diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos (test de Tukey p < 0,05). Tratamientos: mt = maceración tradicional (7 días), ez = adición de enzimas de extracción en encubado, th = adición de taninos enológicos de hollejo en el encubado, me = maceración extendida (15 días). Acidez expresada en g/L de ácido sulfúrico.

El contenido de etanol fue elevado en todos los cultivares (Tabla 4) lo que se corresponde con las características climáticas del año de cultivo (sequía). Tannat mostró los valores más elevados de grado alcohólico, seguido por Marselan y Arinarnoa. En trabajos anteriores y en condiciones climáticas muy diferentes a las del presente estudio, Tannat se ha caracterizado igualmente por presentar mayor grado alcohólico que otros cultivares González-Neves et al. (2015) y González-Neves et al. (2019). La variedad Marselan tuvo menor acidez total que Tannat, mientras Arinarnoa presentó los mayores valores.

Los valores de azúcares reductores de los vinos muestran que las fermentaciones fueron completas en todos los casos.

Los registros de acidez volátil de los vinos se corresponden con los valores obtenidos frecuentemente en las condiciones de vinificación empleadas y expresan que no hubo desviaciones microbiológicas en el proceso de vinificación.

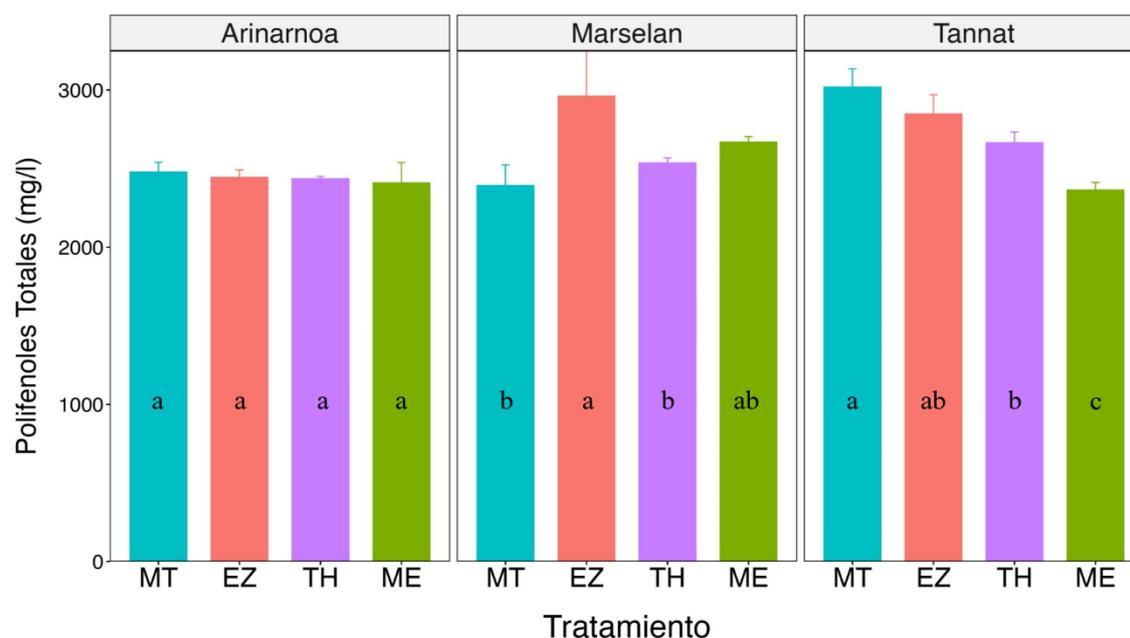
En referencia al pH, este fue uno de los parámetros de composición general que tuvo mayor variación entre los vinos, siendo esta entre 3.41 y 3.76, lo cual está de acuerdo con trabajos previos (Chatonnet, 2005). Entre cultivares, Marselan presentó mayor pH que Tannat (3.72 y 3.68, respectivamente) como se ha reportado en trabajos previos como González-Neves et al. (2015) y González-Neves et al. (2019). Por su parte, Arinarnoa fue el cultivar que presentó los menores valores de pH (3.47) a pesar de haber sido elaborado con uva madura, lo cual es una característica enológica destacada. El menor pH puede estar explicado a su menor % de hollejos (Tabla 2), tejido que presenta la mayor concentración de cationes en la uva (Ribéreau-Gayon et al., 2006), esto lleva a que se dé menor extracción de cationes, que salifican al ácido tartárico. Marselan presentó la mayor variación entre el pH del mosto y el vino (Δ pH 0.39 en promedio), posiblemente explicado por mayor extracción de cationes durante la maceración en este cultivar, dado que es la variedad que presentó mayor porcentaje de hollejos (Tabla 2), respecto a Arinarnoa y Tannat. Por su parte, Tannat también tuvo una diferencia apreciable de pH entre mosto y vino (Δ pH 0.33 en promedio). Sin embargo, en Arinarnoa, cultivar descendiente de Tannat, no se observaron diferencias significativas entre los pH de mostos y vinos (Δ pH -0,05 en promedio). Sería interesante analizar esta característica en futuros estudios, ya que se cuenta con escasos antecedentes en esta variedad, y obtener pH de vinos adecuados a partir de uva madura es una característica enológica interesante.

4.4.2 Composición polifenólica de los vinos

Los vinos elaborados con el cultivar Tannat tuvieron los mayores contenidos de polifenoles totales, antocianos y taninos, resultados en concordancia con la literatura para esta variedad (González-Neves et al., 2003; González-Neves, Gil et al., 2006). En investigaciones previas, González-Neves (1999), González-Neves et al. (2001), González-Neves y Gatto (2001), demostraron que existe una concordancia entre la caracterización del contenido fenólico de las uvas y las observaciones realizadas durante las maceraciones, éstas relaciones no fueron observadas en el presente trabajo.

Figura 18

Contenido en Polifenoles Totales de los vinos según cultivar y técnica de vinificación



Nota. Para cada cultivar, diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos (test de Tukey $p < 0,05$).

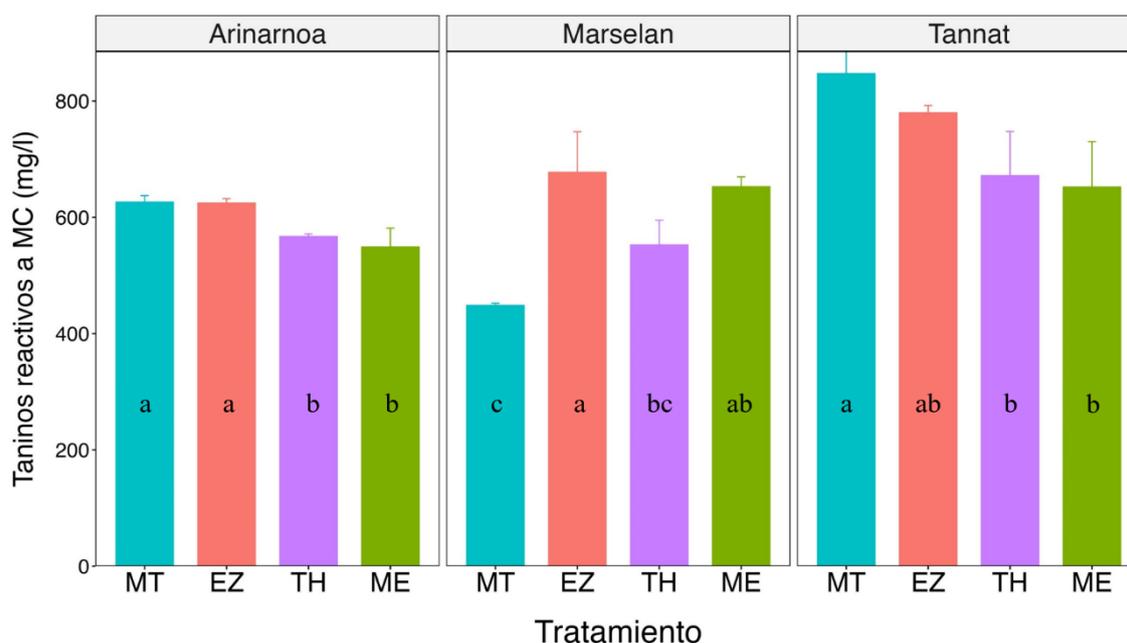
El contenido de Polifenoles Totales, desde una perspectiva general, fue mayor para Tannat en maceración tradicional y agregado de taninos enológicos, mientras que Marselan presentó los mayores contenidos de estos compuestos en las maceraciones con agregado de enzimas pectolíticas y maceración prolongada.

En Arinarnoa, las diferentes alternativas de vinificación no tuvieron un efecto significativo sobre la acumulación de polifenoles totales en los vinos. Como se discutió anteriormente, este cultivar, a pesar de presentar un bajo contenido de polifenoles totales en las uvas (Figuras 8 y 9), se caracterizó por una mayor extracción de los polifenoles desde los hollejos que Marselan y Tannat, (Figura 13 y 15). Por lo tanto, técnicas que promueven dicha extracción, no tendrían un efecto significativo en un cultivar que de por sí, no presentaría limitantes en este sentido. Si bien el agregado de taninos enológicos no tiene un efecto negativo significativamente, se observa que estos disminuyen el contenido de polifenoles totales, lo cual se podría explicar por un aumento en la precipitación de estos compuestos; un resultado similar se da en la maceración extendida, concordando esta última con Garrido-Bañuelos et al. (2021), quienes demostraron que los tiempos de maceración más largos no siempre correspondían a un aumento en la concentración fenólica del vino. Sin embargo, este no fue el caso en los otros cultivares evaluados. En Marselan, los tratamientos alternativos a la maceración tradicional presentaron los mayores registros de esta variable para dicho cultivar. Cabe señalar que las diferencias solo fueron estadísticas para el caso del tratamiento con adición de enzimas, lo cual, en contraposición a lo discutido para Arinarnoa, se explicaría por la mayor dificultad de

extracción de polifenoles desde los hollejos que evidenció Marselan (sección 4.2), tejido que aportaría la mayor concentración de estos compuestos en maceraciones fermentativas (Moskowitz & Hrazdina, 1981; Ros Barceló et al., 1994; Vila et al., 2009). Si bien, el agregado de taninos y maceración extendida no registró diferencias significativas, mostraron un aumento en el contenido de polifenoles totales, lo cual puede deberse a una menor precipitación de estos compuestos y a la prolongación en la maceración que permitió un aumento en el contenido de polifenoles totales. Por el contrario, en los vinos Tannat, la maceración tradicional fue la que presentó los mayores contenidos de polifenoles totales, lo que está de acuerdo con González-Neves et al. (2015) y González-Neves et al. (2019), quienes evaluaron diferentes técnicas de vinificación obteniendo resultados similares. En todo caso, la ausencia de efecto de alternativas enológicas como el uso de enzimas de extracción (González-Neves et al., 2016), en un cultivar con problemas de extractibilidad de compuestos de los hollejos como Tannat, requiere de mayor estudio para ser comprendido. Es importante señalar que la adición de taninos y el tratamiento de maceración extendida también redujeron el contenido de polifenoles totales en el vino. Se destaca el diferente comportamiento de los tratamientos en los tres cultivares vinificados.

Figura 19

Contenido de Taninos en vinos según cultivar y técnica de vinificación



Nota. Para cada cultivar, diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos (test de Tukey $p < 0,05$).

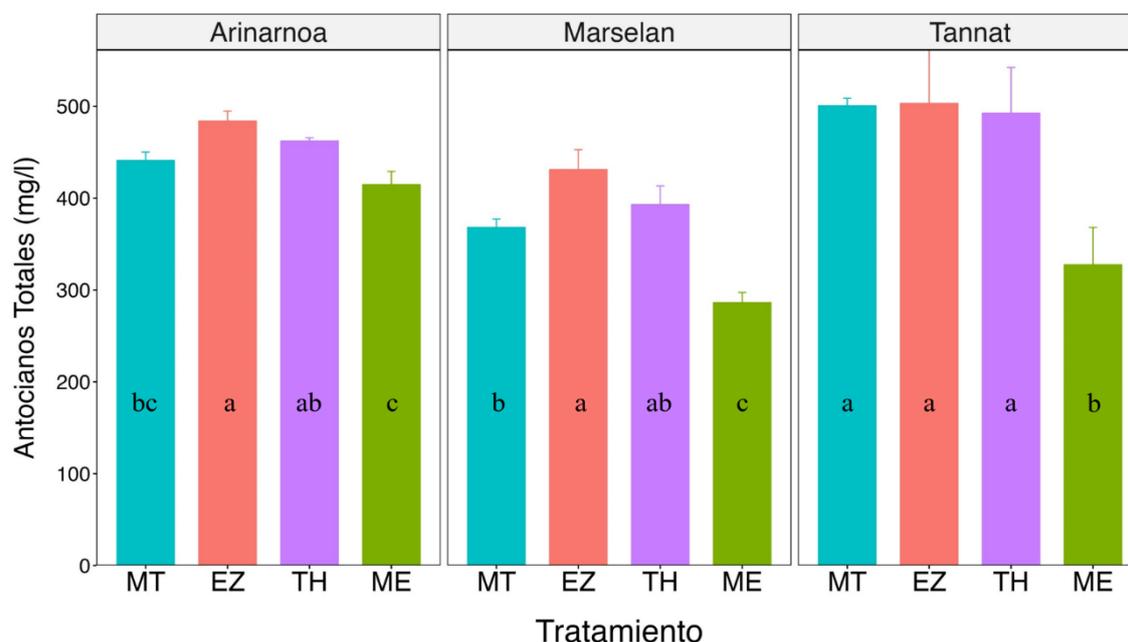
En términos genéricos, el contenido de taninos observado en la variedad de uva Tannat tuvo niveles más elevados (en comparación a las otras dos variedades), concordando con diferentes autores como González-Neves et al. (2003), y Glories (2001) y Saint-Criq et al. (1999, como se cita en González-Neves, Charamelo et al., 2004).

En Arinarnoa, se observó que la mayor acumulación de taninos se dio en la maceración tradicional, mientras que la maceración con enzimas pectolíticas mostró una acumulación similar, la cual no fue significativa entre ambos tratamientos, asociado a su alta extracción (Figura 13). La aplicación de taninos enológicos y la maceración prolongada no determinaron incrementos en la acumulación de taninos, sino que determinaron un descenso significativo de la acumulación de estos compuestos en el vino. En la maceración extendida se explicaría por una reabsorción de parte de los compuestos extraídos previamente como lo explica la literatura (Casassa et al., 2019; Garrido-Bañuelos et al., 2021), mientras que el comportamiento observado en los tratamientos con adición de taninos requiere de mayores estudios, ya que las investigaciones previas no encontraron diferencias significativas en la aplicación taninos enológicos (Delteil, 2000; Ibáñez, 2020; Parker et al., 2007). En Marselan, la maceración tradicional fue la que presentó la menor acumulación de taninos en el vino respecto a los restantes tratamientos. Se identificó que tanto la aplicación de enzimas pectolíticas (concordando con lo planteado por Bautista-Ortín et al., 2012; Ducasse et al., 2010; Favre et al., 2014; Revilla & González-SanJosé, 2003b) como la implementación de maceración extendida (Gao et al., 2019) resultaron en un aumento significativo en el contenido de taninos en comparación con la maceración tradicional, lo cual se corresponde con los contenidos que se lograron en el mosto al final de la maceración (Figura 16). A su vez, Marselan fue el único cultivar donde el agregado de taninos de hollejos y la maceración extendida manifestaron mayores registros de taninos que en la maceración tradicional. Esto podría deberse a que Marselan fue la variedad con menos contenidos de taninos nativos de la uva en el mosto (Figura 17), por lo tanto, la adición de una fuente externa de estos compuestos significó una proporción mayor respecto a éstos en el vino. En cuanto a la maceración extendida, la mayor acumulación de taninos se debe a que como fue observado anteriormente, Marselan es la variedad que presentó los mayores contenidos de taninos de semillas (Figura 11) y la mayor extracción en dichos tejidos (Figura 14), respecto a Tannat y Arinarnoa. Como se ha mencionado, los taninos ubicados en las semillas, requieren de mayor tiempo para ser extraídos en mayor proporción, comparados con los taninos de hollejos, por lo tanto, 8 días más de maceración hicieron que se expresen esos contenidos de las semillas, lo cual se trasladó en la acumulación de taninos en el vino. Gombau et al. (2020) destacan que un menor tamaño de baya y un mayor porcentaje de semillas, (características observadas en Marselan en el presente estudio, Tabla 2) contribuirían a un contenido elevado de taninos en el vino, sin embargo, este patrón no fue el observado en Marselan en el presente estudio, mostrando que en maceraciones fermentativas, la extracción de los taninos de hollejos sería un factor aún más determinante (Favre et al., 2018) de los contenidos de taninos de los vinos. En Tannat, la maceración tradicional fue la que presentó la mayor acumulación de taninos en el vino. En el tratamiento con el agregado de enzimas se observó una disminución en la acumulación de dichos compuestos (aunque no fue significativa), no concordando con Ducasse et al. (2010) y Favre et al. (2014), quienes reportaron un incremento en los taninos del vino con el agregado de enzimas; por otra parte, Kuhlman et al. (2022) informaron que el uso de enzimas pectolíticas en Cabernet Sauvignon aumentó el grado de polimerización de los taninos extraídos al vino (lo cual no fue objetivo de estudio en

la presente investigación) llevando a una disminución de dichos compuestos, ésto podría ser una posible explicación a lo observado en la presente investigación, por lo cual sería necesario contemplarlo en futuras investigaciones. Por su parte, la prolongación de la maceración y la adición de taninos de hollejos al mosto resultaron en una disminución significativa en la acumulación de taninos presentes en el vino, lo que se explica, en la maceración extendida, por reabsorción de taninos extraídos previamente como se demostró en investigaciones previas (Casassa et al., 2019; Garrido-Bañuelos et al., 2021), y en cuanto a la adición de taninos de hollejos (respecto a la maceración tradicional), si bien se observó que durante las vinificaciones (Figura 16), la adición de estos compuestos llevó a un menor contenido de taninos al descube (los cuales fueron trasladados al vino), estos resultados subrayan la necesidad de investigaciones adicionales para comprender estos efectos.

Figura 20

Contenido de Antocianos Totales en vinos según cultivar y técnica de vinificación



Nota. Para cada cultivar, diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos (test de Tukey $p < 0,05$).

En antocianos, se observó que los vinos elaborados con uva Tannat (excepto en la maceración extendida) tuvieron las mayores acumulaciones de estos compuestos, como lo respalda la literatura científica (González-Neves et al., 2001, 2005; González-Neves, Franco et al., 2006), estos resultados están dados por el mayor contenido observado en las uvas de esta variedad (Figura 12), aunque estos contenidos no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las tres variedades estudiadas.

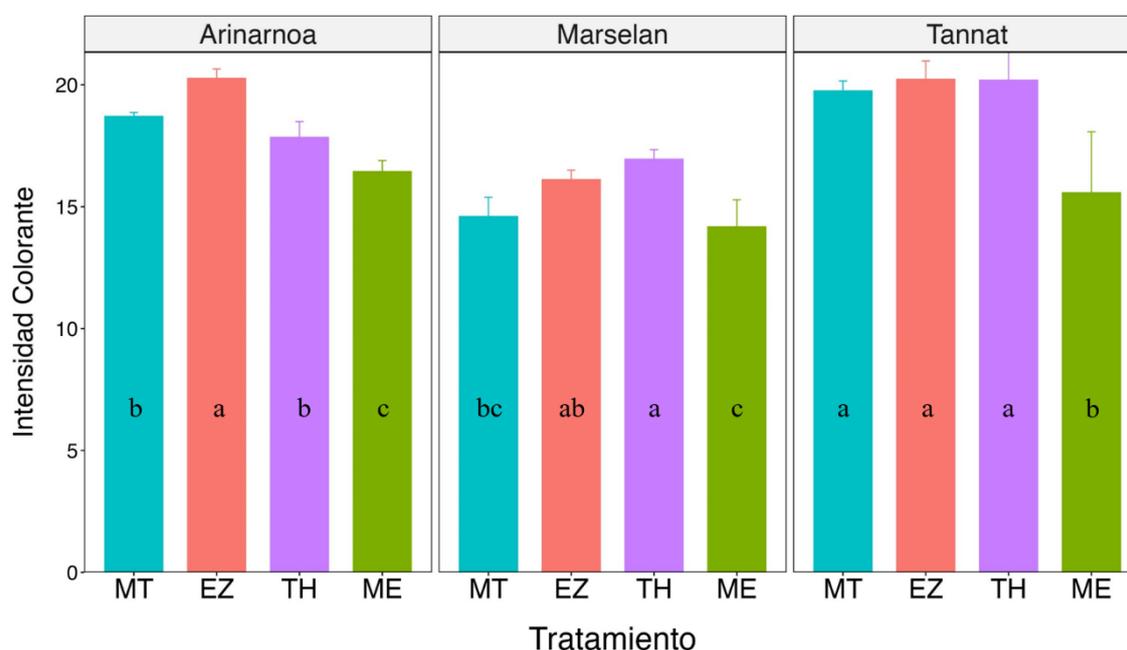
En la variedad Arinarnoa, la maceración tradicional y extendida presentaron acumulaciones estadísticamente similares de antocianos en vino, aunque la maceración

extendida presentó menor acumulación de antocianos lo cual puede llegar a concordar con Casassa y Harbertson (2014), quienes observaron que se debe a la formación de pigmentos poliméricos precipitables con proteínas, aunque esto no fue objetivo de investigación de este trabajo. La mayor acumulación de antocianos en esta variedad, se dio con la adición de enzimas, concordando con González-Neves et al. (2016), Osete-Alcaraz et al. (2019), Traverso et al. (2015), quienes han demostrado en otras condiciones, que el agregado de estos compuestos aumentan la extracción de antocianos durante la maceración (Figura 17), reflejándose en una mayor acumulación de antocianos en vino (Favre et al., 2014). En cuanto al tratamiento con adición de taninos de hollejos, si bien se observó un aumento de antocianos en vino, este no fue significativo, este aumento podría explicarse por el objetivo con el cual se utilizan estos compuestos en las maceraciones, el cual es aumentar la estabilidad de los pigmentos y protegerlos de la oxidación (Fulcrand et al., 2006; Obradovic, 2006; Sacchi et al., 2005). Por su parte en Marselan, la acumulación de antocianos en la maceración tradicional, fue menor a la observada en Arinarnoa y Tannat, resultados contrarios a los reportados por González-Neves et al. (2019), quienes mencionan que Marselan no tuvo diferencias en acumulación de estos compuestos respecto a Tannat. Como fue mencionado anteriormente, las uvas de esta variedad tuvieron elevados contenidos de estos pigmentos (Figura 12), pero con la dificultad en su extracción (Figura 15), la cual fue superada con la adición de enzimas, permitiendo incrementar significativamente el contenido de estos compuestos, lo cual se corresponde con lo observado durante las maceraciones (Figura 17). Sin embargo, la magnitud de dicho incremento fue inferior al observado en los taninos (Figura 19), lo que se corresponde con la mayor dificultad de extracción de estos últimos. Por su parte, los vinos de la maceración extendida, presentaron una acumulación de antocianos claramente menor al del testigo (22 % en promedio), y menor a los vinos de maceración extendida de Arinarnoa y Tannat, concordando con lo observado en las maceraciones (Figura 17), lo cual puede deberse a posibles precipitaciones de estos compuestos (Casassa & Harbertson, 2014). En Tannat, la maceración tradicional fue la que presentó la mayor acumulación de antocianos en vino, respecto al mismo tratamiento para Arinarnoa y Marselan. La maceración con enzimas no mostró diferencias significativas respecto a la maceración tradicional, lo cual no concuerda con trabajos previos realizados por González-Neves et al. (2016), Osete-Alcaraz et al. (2019), Traverso et al. (2015) quienes sí encontraron un aumento de antocianos en vino por la aplicación de enzimas, mientras que los vinos con adición de taninos enológicos de hollejos, no registraron diferencias significativas en comparación con el tratamiento tradicional, lo cual concuerda con Delteil (2000), Gonzalez-Neves et al. (2016), Ibáñez (2020), Parker et al. (2007). Esto es debido a que como se mencionó anteriormente, Tannat presenta una baja extractibilidad de antocianos (González-Neves, 2005; González-Neves, Charamelo et al., 2004; González-Neves, Ferrer et al., 2010; González-Neves, Gil et al., 2006). Por su parte, si bien la adición de taninos de hollejos no presento diferencias significativas, sí se observó una disminución en la acumulación de taninos en vino, concordando con Favre et al. (2013) quienes observaron que la adición de estos compuestos llevó a una disminución del contenido de antocianos en vino, posiblemente debido a la precipitación de estos compuestos. En cuanto a la maceración extendida, se registró el mayor impacto negativo

en la acumulación de antocianos en el vino (35 % en promedio) respecto a la maceración tradicional, lo cual concuerda con González-Neves et al. (2012). Este impacto está relacionado con lo observado durante el seguimiento de las vinificaciones en este tratamiento (Figura 17).

Figura 21

Intensidad Colorante en vinos según cultivar y técnica de vinificación



Nota. Para cada cultivar, diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos (test de Tukey $p < 0,05$).

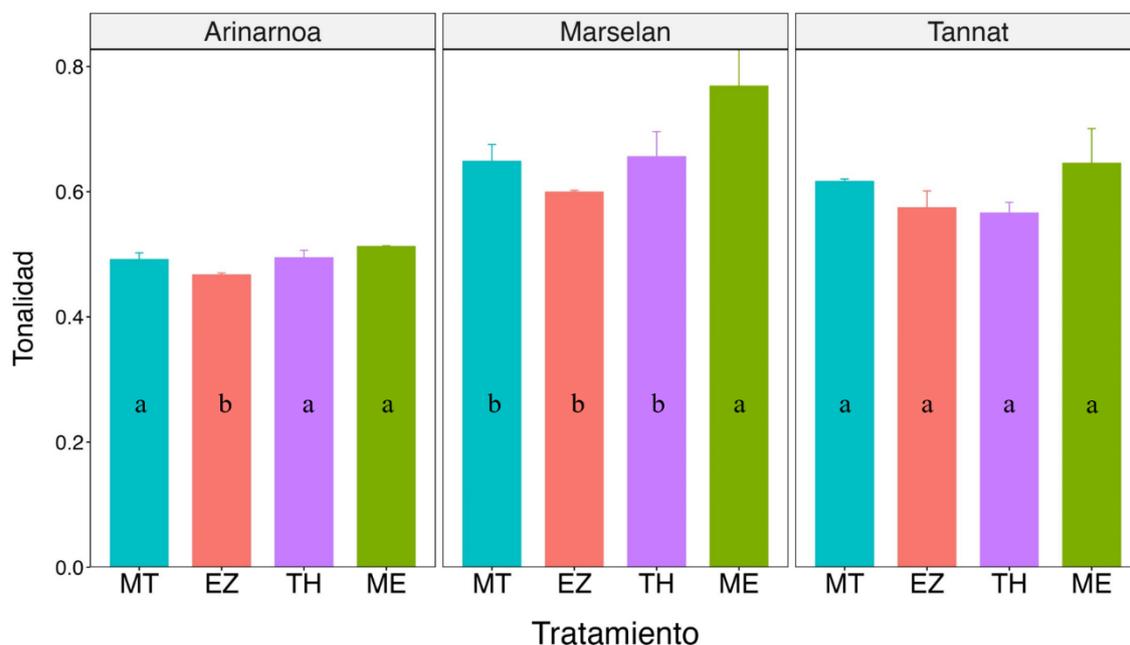
En la Intensidad colorante se observó una variación entre 15-20 nm. Contrastando las maceraciones tradicionales de las tres variedades, Tannat presentó la mayor intensidad colorante, debiéndose esto a su mayor contenido de Antocianos Totales (Figura 20), lo cual no concuerda con González-Neves et al. (2019), quienes observaron que Marselan presentó mayor intensidad colorante frente a Tannat. Por su parte, las maceraciones extendidas (15 días) llevaron a una disminución de la intensidad colorante en las tres variedades, concordando con lo establecido por Gil et al. (2012) y Casassa, Larsen et al. (2013), no concordando con Santos de Carvalho et al. (2021) quienes indican que aumenta la intensidad colorante, y con González-Neves et al. (2015) y González-Neves et al. (2019) quienes no encontraron diferencias significativas entre la maceración extendida y la maceración tradicional, teniendo en cuenta que en esas investigaciones, esta última técnica, contiene extracción diferida de antocianos. Cabe resaltar que Marselan, fue el cultivar que presentó menores intensidades colorantes para todas sus técnicas, frente a Tannat y Arinarnoa.

En la variedad Arinarnoa, la maceración tradicional presentó mayor intensidad colorante frente al tratamiento con agregado de taninos enológicos, aunque esta diferencia

no fue estadísticamente significativa. La adición con enzimas pectolíticas resultó en un aumento de la intensidad colorante, debido a que presentó mayor contenido de antocianos totales en vino, (Figura 20), concordando con Revilla y González-SanJosé (2002) y Ducasse et al. (2010), quienes obtuvieron similares resultados para la variedad Tinto fino y Merlot, respectivamente. En cuanto a la maceración extendida, ésta presentó menor intensidad colorante respecto a la maceración tradicional, lo cual concuerda con Gil et al. (2012) quienes obtuvieron similares resultados para las variedades Tempranillo y Cabernet Sauvignon. En lo que respecta a la variedad Marselan, los vinos elaborados con la técnica de maceración tradicional presentaron un nivel más elevado de intensidad colorante que los elaborados con maceración extendida, pero estos resultados no fueron estadísticamente significativos. La incorporación de enzimas mostró un aumento de intensidad colorante respecto a la tradicional, pero este no fue estadísticamente significativo. Si bien en la Figura 20 se observó que el tratamiento con aplicación de enzimas pectolíticas fue el que presentó mayor contenido de antocianos, por lo tanto, sería esperable que el mismo presentara mayor intensidad colorante respecto al tradicional, lo cual no se vio reflejado estadísticamente, ya que la intensidad colorante depende de más factores que la concentración de pigmentos, como por ejemplo la copigmentación (no medido en este trabajo). La mayor intensidad colorante se observó en los vinos con adición de taninos enológicos, lo cual puede deberse a que éstos no presentan una composición netamente de taninos, sino que pueden incluir otros polifenoles que sí pueden contribuir a la copigmentación (Obrequé-Slifer et al., 2009) y aumentar la intensidad colorante. Otra posible causa de lo observado en estos vinos, puede ser debido a que los taninos enológicos, como fue mencionado anteriormente, son agregados al mosto para proteger a los antocianos de la oxidación en el vino, por lo tanto, al momento de analizarlos, la intensidad colorante es más elevada que los de la tradicional. Cabe resaltar que si bien no hay elementos en el presente trabajo que contribuyan a saber el porqué de estos resultados, como ya se mencionó, el color depende de más factores (Boulton, 2001), por lo cual se requieren mayores estudios para comprender estos resultados. En Tannat, los vinos provenientes de la elaboración con maceración tradicional, no presentaron diferencias significativas con los elaborados a partir de agregados de enzimas pectolíticas o taninos enológicos (Favre, 2012), en cambio, sí presentaron diferencias significativas con los vinos elaborados por maceración extendida presentando estos últimos, menor intensidad colorante. Los resultados obtenidos con la adición de enzimas no coinciden con lo descrito por Barreiro et al. (2006) y Traverso et al. (2015) quienes indican que el agregado de las mismas aumenta la intensidad colorante debido a un mayor contenido de Polifenoles Totales y Antocianos Totales, lo cual no se observó en la presente investigación, puesto que los vinos elaborados con agregado de enzimas presentaron menor acumulación de polifenoles totales y similar de antocianos en vino respecto a los elaborados con maceración tradicional (Figuras 18 y 20). Los resultados obtenidos en el presente estudio con la alternativa de adición de taninos enológicos no concuerdan con Favre et al. (2013), quienes mencionaron que disminuyó la intensidad colorante con el agregado de dichos compuestos. En cuanto a la maceración extendida, se registró una disminución significativa en la intensidad colorante, concordando con resultados obtenidos por González-Neves et al. (2023).

Figura 22

Tonalidad en vinos según cultivar y técnicas de vinificación



Nota. Para cada cultivar, diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos (test de Tukey $p < 0,05$).

La Tonalidad mostró valores dentro de un intervalo de 0,40 a 0,80 nm. Se observó que los vinos que exhibieron mayores tonalidades se relacionan a la gama de colores amarillos (420 nm) y tonalidades menores hacia el rojo (520 nm) (Glories, 1984). La mayor tonalidad fue observada en Marselan y la menor en Arinarnoa, lo cual se relaciona con su menor y mayor intensidad colorante, respectivamente. En general, la prolongación de las maceraciones conlleva a una disminución en la intensidad colorante de los vinos, resultando en tonalidades más amarillas en comparación con aquellas obtenidas mediante maceraciones de corta duración (Casassa, Larsen et al., 2013; Gil et al., 2012).

En Arinarnoa la maceración tradicional no presentó diferencias significativas en comparación con el tratamiento de adición de taninos de hollejos y el de maceración extendida, mientras que el agregado de enzimas pectolíticas llevó a una disminución significativa de tonalidad del vino respecto a la maceración tradicional. Esta observación puede explicarse por los valores de pH similares entre los vinos elaborados por maceración tradicional, adición de taninos enológicos y extendida (Tabla 4), siendo notablemente inferior en el tratamiento con enzimas adicionadas, lo que se traduce en una menor tonalidad y, por ende, en colores con una tendencia hacia tonos rojizos en el vino, estando en desacuerdo con lo planteado por Revilla y González-SanJosé (2003a), quienes utilizando los índices de Glories y Augustin (1993, como se cita en González-Neves, Gil et al., 2006), obtuvieron resultados opuestos. En cuanto a Marselan, esta variedad mostró los valores más elevados de tonalidad debido posiblemente, a su mayor pH (Tabla 4), lo cual puede estar vinculado a procesos importantes de oxidación relacionados con la

menor acidez total que presentan dichos vinos (González-Neves et al., 2019). Los vinos de maceración tradicional no presentaron diferencias significativas en comparación a los elaborados con la adición de enzimas y taninos de hollejos. Estos resultados son coincidentes a los obtenidos en Tannat en otros trabajos (Favre, 2012). Sin embargo, se observó un efecto negativo en la maceración extendida, aumentando su tonalidad hacia colores más amarillos, fenómeno que podría ser atribuido a su mayor nivel de pH, entre otros factores. Por último, en la variedad Tannat, no se detectaron diferencias significativas entre los vinos elaborados por maceración tradicional y las demás alternativas. Este fenómeno se podría atribuir a los niveles de pH consistentes (Tabla 4), los cuales tampoco variaron significativamente entre los distintos tratamientos. Sin embargo, frente al agregado de taninos enológicos la tonalidad disminuyó, lo cual concuerda con Favre et al. (2013). Por su parte, con el agregado de enzimas también se observó una disminución en la tonalidad, lo cual puede llegar a concordar con Traverso et al. (2015), quienes observaron que la adición de enzimas disminuyó significativamente la tonalidad de vinos Tannat. Mientras que los vinos elaborados por maceración extendida aumentaron dicho parámetro, pudiendo presentar una concordancia con González-Neves, Gil, Barreiro et al. (2010), González-Neves et al. (2023) quienes observaron que la tonalidad aumentó significativamente en los vinos procedentes de maceración extendida con respecto a los de tradicional.

5 SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

En lo que respecta a la caracterización general de las variedades estudiadas, Marselan fué el cultivar que presentó en la uva, el mayor contenido de polifenoles totales, taninos y antocianos, seguido por Tannat y por último Arinarnoa.

En cuanto a la extracción de taninos de semillas, Arinarnoa presentó una cinética de extracción inferior al resto de los cultivares, mientras que en Marselan fue notablemente superior a Arinarnoa y Tannat.

En relación a los taninos de hollejos y antocianos, Arinarnoa fue la variedad que presentó la mayor cinética de extracción, sugiriendo que no tendría limitantes en dicho proceso durante la vinificación. Por el contrario, Marselan presentó dificultades en la extracción, de forma notoria, de los taninos. Por su parte, la variedad Tannat tuvo una cinética de extracción de estos compuestos intermedia entre Arinarnoa y Marselan, lo que está de acuerdo con la literatura donde se señalan limitantes en la extracción de antocianos para este cultivar.

En cuanto a las diferentes técnicas de maceración empleadas, las mismas determinaron diferencias durante las maceraciones, lo cual llevó a diferencias en composición fenólica, intensidad colorante y tonalidad en los vinos de las distintas variedades estudiadas en el presente trabajo. Los resultados muestran que el empleo de enzimas pectolíticas tuvo mayor efecto en la variedad Marselan, tanto en la extracción de antocianos como de taninos, por lo tanto, en el cultivar con mayor dificultad de extracción de estos compuestos. En Arinarnoa y Tannat, si bien dicha técnica de maceración aumentó la extracción, el efecto fue de menor magnitud. En los vinos, el tratamiento de enzimas incrementó en Marselan los contenidos de Polifenoles Totales, Antocianos y Taninos, mientras que en Arinarnoa dicho tratamiento solo presentó efecto en antocianos, lo que en consecuencia, incrementó la intensidad colorante y disminuyó la tonalidad. Por su parte, el empleo de taninos enológicos, no determinó diferencias estadísticas en ninguna de las tres variedades estudiadas para las variables analizadas de composición; sin embargo, dichos compuestos tuvieron un efecto positivo en la calidad del color en la variedad Tannat, donde disminuyeron la tonalidad, lo que podría deberse a un efecto de protección de los antocianos de procesos de oxidación. Por su parte, la maceración extendida, llevó a un aumento en el contenido de Polifenoles Totales y Taninos en vinos Marselan. Sería interesante, en la variedad Marselan seguir evaluando técnicas de vinificación que promuevan la extracción de compuestos de los hollejos.

Los resultados obtenidos en este estudio son concluyentes respecto a hipótesis planteadas en investigaciones previas, particularmente en lo referente a la baja extracción de taninos desde los hollejos en Marselan. Así mismo ponen en relevancia la importancia de adaptar la técnica de vinificación a las características del cultivar vinificado, información que se espera contribuya a sustentar la toma de decisiones productivas. El trabajo realizado genera información innovadora de un cultivar de creciente relevancia en

Uruguay, Arinarnoa, y expande el amplio conocimiento generado localmente sobre el cultivar insignia del país, Tannat.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Alcalde-Eon, C., Boido, E., Carrau, F., Dellacassa, E., & Rivas-Gonzalo, J. (2006). Pigment profiles in monovarietal wines produced in Uruguay. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(4), 449-459. <https://doi.org/10.5344/ajev.2006.57.4.449>
- Amrani, K., & Glories, Y. (1994). Étude en conditions modèles de l'extractabilité des composés phénoliques des pellicules et des pépins de raisins rouges. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 28(4), 303-317. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.1994.28.4.1134>
- Amrani, K., Glories, Y., & Mercier, M. (1994). Localisation des tanins dans la pellicule de baie de raisin. *Vitis*, 33(3), 133-138. <https://doi.org/10.5073/vitis.1994.33.133-138>
- Barreiro, L., Charamelo, D., & Gonzalez-Neves, G. (2006). Perfil antociánico y composición fenólica de vinos Tannat elaborados con adición de enzimas pectolíticas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 38(2), 9-18.
- Bautista-Ortín, A., Fernández, J., Lopez-Roca, J., & Gomez-Plaza, E. (2007). The effects of enological practices in anthocyanins, phenolic compounds and wine colour and their dependence on grape characteristics. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(7), 546-552. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.04.008>
- Bautista-Ortín, A., Jiménez-Pascual, E., Busse-Valverde, N., López-Roca, J., Ros-García, J., & Gomez-Plaza, E. (2012). Effect of wine maceration enzymes on the extraction of grape seed proanthocyanidins. *Food and Bioprocess Technology*, 6(8), 2207-2212. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0768-3>
- Bindon, K., Bacic, A., & Kennedy, J. (2012). Tissue-specific and developmental modification of grape cell walls influences the adsorption of proanthocyanidins. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 60(36), 9249-9260. <https://doi.org/10.1021/jf301552t>
- Bindon, K., Madani, H., Pendleton, P., Smith, P., & Kennedy, J. (2014). Factors affecting skin tannin extractability in ripening grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(5), 1130-1141. <https://doi.org/10.1021/jf4050606>
- Bindon, K., Smith, P., & Kennedy, J. (2010). Interaction between grape-derived proanthocyanidins and cell wall material: 1. Effect on proanthocyanidin composition and molecular mass. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(4), 2520-2528.

- Blouin, J., & Guimberteau, G. (2004). *Maduración y madurez de la uva*. Mundi-Prensa.
- Boido, E., Alcalde-Eon, C., Carrau, F., Dellacassa, E., & Rivas-Gonzalo, J. (2006). Aging effect on the pigment composition and color of *Vitis vinifera* L. cv. tannat wines: Contribution of the main pigment families to wine color. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(18), 6692-6704.
<https://doi.org/10.1021/jf061240m>
- Boido, E., Alcalde-Eon, C., Carrau, F., Dellacassa, E., & Rivas-Gonzalo, J. (2007). Efecto de la crianza en el perfil de pigmentos y el color de los vinos tannat: Aporte de las principales familias de pigmentos al color del vino. *Revista Enología*, 4(5). <https://riquim.fq.edu.uy/items/show/1619>
- Boido, E., Fariña, L., Barnaba, C., Arrieta, Y., Larcher, R., Nicolini, G., Carrau, F., & Dellacassa, E. (2019). Chemical characterization and enological potential of less frequent red grape Uruguayan varieties by study secondary metabolites. *BIO Web of Conferences*, 12, Artículo e02035.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20191202035>
- Boido, E., García-Marino, M., Dellacassa, E., Carrau, F., Rivas-Gonzalo, J., & Escribano-Bailón, T. (2011). Characterisation and evolution of grape polyphenol profiles of *Vitis vinifera* L. cv. Tannat during ripening and vinification. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(3), 383-393.
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00164.x>
- Bosso, A., Guaita, M., Panero, L., Borsa, D., & Follis, R. (2009). Influence of two winemaking techniques on polyphenolic composition and color of wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60, 379-385.
- Boulton, R. (2001). The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(2), 67-87. <https://doi.org/10.5344/ajev.2001.52.2.67>
- Canals, R., Llaudy, M., Valls, J., Canals, J., & Zamora, F. (2005). Influence of ethanol concentration on the extraction of color and phenolic compounds from the skin and seeds of Tempranillo grapes at different stages of ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4019-4025.
<https://doi.org/10.1021/jf047872v>
- Carrau, F., Boido, E., Gaggero, C., Medina, K., Fariña, L., Disegna, E., & Dellacassa, E. (2011). *Vitis vinifera* Tannat, chemical characterization and functional properties: Ten years of research. En R. Filip (Ed.), *Multidisciplinary approaches on food science and nutrition for the XXI century* (pp. 53-71). Transworld Research Network.

- Casassa, L., Beaver, C., Mireles, M., & Harbertson, J. (2013). Effect of extended maceration and ethanol concentration on the extraction and evolution of phenolics, color components and sensory attributes of Merlot wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19(1), 25-39.
- Casassa, L., & Harbertson, J. (2014). Extraction, evolution and sensory impact of phenolic compounds during red wine maceration. *Annual Review of Food Science and Technology*, 5, 83-109. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030713-092438>
- Casassa, L., Larsen, R., Beaver, C., Mireles, M., Keller, M., Riley, W., Smithyman, R., & Harbertson, J. (2013). Impact of extended maceration and regulated deficit irrigation (RDI) in Cabernet Sauvignon wines: Characterization of proanthocyanidin distribution, anthocyanin extraction, and chromatic properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(26), 6446-6457.
- Casassa, L., Sari, S., Bolcato, E., & Fanzone, M. (2019). Microwave-assisted extraction applied to Merlot grapes with contrasting maturity levels: Effects on phenolic chemistry and wine color. *Fermentation*, 5(1), Artículo e15. <https://doi.org/10.3390/fermentation5010015>
- Castillo-Muñoz, N., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Gómez, M., Velders, A., & Hermosín-Gutiérrez, I. (2009). Flavonol 3-O-glycosides series of Vitis vinifera Cv. Petit Verdot red wine grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(1), 209-219. <https://doi.org/10.1021/jf802863g>
- Cerpa-Calderón, F., & Kennedy, J. (2008). Berry integrity and extraction of skin and seed proanthocyanidins during red wine fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(19), 9006-9014. <https://doi.org/10.1021/jf801384v>
- Chatonnet, P. (2005). Origen, importancia y factores de variación de la acidez y del pH: Visión general de la problemática de la disminución de la acidez de los vinos. En Fundación para la cultura del vino (Ed.), *Informe técnico: Gestión de pH en el vino de calidad* (pp. 9-23). <https://culturadelvino.org/wp-content/uploads/2005-Gestion-del-pH.pdf>
- Cheyrier, V., Prieur, C., Guyot, S., Rigaud, J., & Moutounet, M. (1997). The structures of tannins in grapes and wines and their interaction with proteins. En T. R. Watkins (Ed.), *Wine: Nutritional and therapeutic benefits* (pp. 81-93). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-1997-0661.ch008>
- Delteil, D. (2000). Utilisation de tanins oenologiques sur les raisins et les vins rouges méditerranéens et rhodaniens. *Revue Française d'Oenologie*, (181), 20-22.

- Ducasse, M., Canal-Llauberes, R., De Lumley, M., Williams, P., Souquet, J., Fulcrand, H., Doco, T., & Cheynier, V. (2010). Effect of macerating enzyme treatment on the polyphenol and polysaccharide composition of red wines. *Food Chemistry*, 118(2), 369-376. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.130>
- Echeverría, G. (2005). *La viticultura en Uruguay*. Facultad de Agronomía.
- Favre, G. (2012). *Efecto de la adición de taninos enológicos y la maceración prefermentativa en frío en la vinificación en tinto de uvas Tannat* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Favre, G. (2019). *Estudio de la composición polifenólica de uvas y vinos tintos de distintas variedades Vitis vinifera cultivadas en Uruguay* [Disertación doctoral]. Universidad de la República.
- Favre, G., Charamelo, D., & Gonzalez-Neves, G. (2013). Empleo de taninos enológicos y maceración prefermentativa en frío en una experiencia de elaboración de vinos tintos Tannat. *Agrociencia (Uruguay)*, 17(1), 65-73. <https://doi.org/10.31285/AGRO.17.516>
- Favre, G., Gómez-Alonso, S., Pérez-Navarro, J., García-Romero, E., Mena-Morales, A., Picardo, D., & González-Neves, G. (2024). Seed and skin-derived flavanols in red wine: a study of Syrah, Marselan, and Tannat cultivars. *European Food Research and Technology*, 250, 845-857. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04407-6>
- Favre, G., Hermosín-Gutiérrez, I., Piccardo, D., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Mena-Morales, A., & González-Neves, G. (2018). Analysis of tannins in grapes and in the respective red wines of Tannat, Syrah and Marselan harvested at two maturity levels. En *41st World Congress of Vine and Wine: Book of abstracts* (pp. 594-596). INAVI; OIV. <https://www.oiv.int/public/medias/6389/book-of-abstracts.pdf>
- Favre, G., Peña-Neira, A., Baldi, C., Hernández, N., Traverso, S., Gil, G., & Gonzalez-Neves, G. (2014). Low molecular-weight phenols in Tannat wines made by alternative winemaking procedures. *Food Chemistry*, 158, 504-512. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.173>
- Fernández-López, J., Hidalgo, V., Almela, L., & Lopez Roca, J. (1992). Quantitative changes in anthocyanin pigments of *Vitis vinifera* c.v. Monastrell during maturation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58(1), 153-155.

- Fulcrand, H., Dueñas, M., Salas, E., & Cheynier, V. (2006). Phenolic reactions during winemaking and aging. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 289-297.
- Gao, Y., Zietsman, A., Vivier, M., & Moore, J. (2019). Deconstructing wine grape cell walls with enzymes during winemaking: New insights from glycan microarray technology. *Molecules*, 24(1), Artículo e165. <https://doi.org/10.3390/molecules24010165>
- García-Beneytez, E., Revilla, E., & Cabello, F. (2002). Anthocyanin pattern of several red grape cultivars and wines made from them. *European Food Research and Technology*, 215(1), 32-37. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-002-0526-x>
- Garrido-Bañuelos, G., Buica, A., Kuhlman, B., Schückel, J., Zietsman, A., Willats, W., Moore, J., & Du Toit, W. (2021). Untangling the impact of red wine maceration times on wine ageing: A multidisciplinary approach focusing on extended maceration in Shiraz wines. *Food Research International*, 150, Artículo e110697. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110697>
- Gawel, R. (1998). Red wine astringency. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 4(2), 74-95. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1755-0238.1998.tb00137.x>
- Gil, M., Kontoudakis, N., González, E., Esteruelas, M., Fort, F., Canals, J., & Zamora, F. (2012). Influence of grape maturity and maceration length on color, polyphenolic composition, and polysaccharide content of Cabernet Sauvignon and Tempranillo wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(32), 7988-8001. <https://doi.org/10.1021/jf302064n>
- Gil-Muñoz, R., Gómez-Plaza, E., Martínez, A., & López-Roca, J. (1999). Evolution of phenolic compounds during wine fermentation and postfermentation: Influence of grape temperature. *Journal of Food Composition and Analysis*, 12(4), 259-272. <https://doi.org/10.1006/jfca.1999.0834>
- Glories, Y. (1984). La couleur des vins rouges: 2e. Partie: Mesure, origine et interpretation. *Connaissance de la vigne et du vin*, 18(4), 253-271. <https://doi.org/10.20870/oenone.1984.18.4.1744>
- Glories, Y. (1999). La maturità fenolica delle uve: Primo parametro da controllare per una corretta vinificazione in rosso. *Vignevine*, 3, 46-50.

- Gombau, J., Pons-Mercadé, P., Conde, M., Asbiro, L., Pascual, O., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Canals, M. J. Herмосín-Gutiérrez, I., & Zamora, F. (2020). Influence of grape seeds on wine composition and astringency of Tempranillo, Garnacha, Merlot and Cabernet Sauvignon wines. *Food Science & Nutrition*, 8(7), 3442-3455. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1627>
- Gómez-Plaza, E., Gil-Muñoz, R., López-Roca, J., Martínez-Cutillas, A., & Fernández-Fernández, J. (2001). Phenolic compounds and color stability of red wines: Effect of skin maceration time. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(3), 266-270. <https://www.ajevonline.org/content/52/3/266.short>
- González-Centeno, M., Jourdes, M., Femenia, A., Simal, S., Rosselló, C., & Teissedre, P. (2012). Proanthocyanidin composition and antioxidant potential of the stem winemaking byproducts from 10 different grape varieties (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(48), 11850-11858. <https://doi.org/10.1021/jf303047k>
- González-Neves, G. (1999). Color y composición de vinos tintos jóvenes Tannat, Cabernet Sauvignon y Merlot de Uruguay. *Viticultura Enología Profesional*, (64), 43-50.
- González-Neves, G. (2005). *Etude de la composition polyphénolique des raisins et des vins des cépages Merlot, Cabernet-Sauvignon et Tannat provenant de vignes conduites en lyre et en espalier dans le sud de l'Uruguay* [Disertación doctoral]. Ecole Nationale Superieure Agronomique de Montpellier.
- González-Neves, G., Barreiro, L., Gil, G., Charamelo, D., Balado, J., Bochicchio, R., & Gatto, G. (2007). Extracción de polifenoles durante la maceración, en la vinificación en tinta clásica. *Revista Enología*, (4), 1-12. https://www.researchgate.net/publication/242572663_EXTRACCION_DE_POLIFENOLES_DURANTE_LA_MACERACION_EN_LA_VINIFICACION_EN_TINTO_CLASICA
- González-Neves, G., Barreiro, L., Gil, G., Franco, J., Carbonneau, A., & Moutounet, M. (2005). Estudio de la composición antocianica de uvas y vinos tintos de los cv. Tannat, Cabernet-Sauvignon y Merlot: Utilidad de los perfiles obtenidos para la caracterización varietal. *Le Bulletin de L'Organisation Internationale de la Vigne et du Vin*, 78(887-888), 30-44.
- González-Neves, G., Barreiro, L., Gil, G., Franco, J., Ferrer, M., Moutounet, M., & Carbonneau, A. (2004). Anthocyanic composition of Tannat grapes from the South region of Uruguay. *Analytica Chimica Acta*, 513(1), 197-202. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.11.078>

- González-Neves, G., Charamelo, D., Balado, J., Barreiro, L., Bochicchio, R., Gatto, G., Gil, G., Tessore, A., Carbonneau, A., & Moutounet, M. (2004). Phenolic potential of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes and their correspondence with wine composition. *Analytica Chimica Acta*, 513(1), 191-196. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.11.042>
- González-Neves, G., Favre, G., & Piccardo, D. (2019). Composicion de vinos tintos elaborados por procedimientos alternativos de vinificación. *BIO Web of Conferences*, 15, Artículo e02040. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191502040>
- González-Neves, G., Favre, G., & Piccardo, D. (2023). Estudio plurianual del empleo de técnicas enológicas alternativas en la producción de vinos Tannat de Uruguay. *BIO Web of Conferences*, 68(1), Artículo e02018. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236802018>
- González-Neves, G., Favre, G., Piccardo, D., Ferrer, M., & Echeverría, G. (2015). Efecto de técnicas alternativas de maceración sobre el color y composición de vinos tintos de seis variedades de uva. *Agrociencia (Uruguay)*, 19(1), 57-68. <https://doi.org/10.31285/AGRO.19.319>
- González-Neves, G., Favre, G., Piccardo, D., & Gil, G. (2016). Anthocyanin profile of young red wines of Tannat, Syrah and Merlot made using maceration enzymes and cold soak. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(1), 260-267. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12958>
- González-Neves, G., Ferrer, M., Carbonneau, A., & Moutounet, M. (2003). Adaptation of the elaboration of red wines in function of the grape's polyphenolic potential: Experiences carried out in the 2001 vintage. *Agrociencia (Uruguay)*, 7(1), 59-67. <https://doi.org/10.31285/AGRO.07.1039>
- González-Neves, G., Ferrer, M., Gil, G., Charamelo, D., Balado, J., Barreiro, L., Bochicchio, R., Gatto, G., & Tessore, A. (2010). Estudio plurianual del potencial polifenólico de uvas Tannat en el sur de Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 14(2), 10-21. <https://doi.org/10.31285/AGRO.14.622>
- González-Neves, G., Franco, J., Barreiro, L., Gil, G., Moutounet, M., & Carbonneau, A. (2006). Varietal differentiation of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes and wines according to their anthocyanic composition, *European Food Research and Technology*, 225(1), 111-117. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-006-0388-8>
- González-Neves, G., & Gatto, G. (2001). Caracterización de la composición fenólica y el color de vinos tintos uruguayos de las variedades Tannat, Cabernet Sauvignon y Merlot. *Información Tecnológica*, 12(3), 9-14.

- González-Neves, G., Gil, G., Barreiro, L., Berriel, V., Charamelo, D., & Favre, G. (2010). Evolución de los pigmentos en el primer año de vinos tintos Tannat elaborados por técnicas alternativas. *Revista Enología*, 3(1), 1-14. https://www.researchgate.net/publication/308020121_EVOLUCION_DE_LOS_PIGMENTOS_EN_EL_PRIMER_AÑO_DE_VINOS_TINTOS_TANNAT_EL_ABORADOS_POR_TECNICAS_ALTERNATIVAS
- González-Neves, G., Gil, G., Barreiro, L., Ferrer, M., & Franco, J. (2006). Composición fenólica de las uvas de las principales variedades tintas de *Vitis vinifera* cultivadas en Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 10(2), 1-14. <https://doi.org/10.31285/AGRO.10.918>
- González-Neves, G., Gil, G., Favre, G., & Ferrer, M. (2011). Potencial polifenólico de la uva: Índices propuestos y posibles aplicaciones. *Comunicata Scientiae*, 2(2), 57-69.
- González-Neves, G., Gil, G., Favre, G., & Ferrer, M. (2012). Influence of grape composition and winemaking on the anthocyanin composition of red wines of Tannat. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(5), 900-909.
- González-Neves, G., Gil, G., Ferrer, M., Charamelo, D., Balado, J., Bochicchio, R., Gatto, G., & Tessore, A. (2010). Original article: Prediction of the colour and polyphenolic composition of the young red wines from the phenolic potential of the grapes. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(9), 1843-1851. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02343.x>
- González-Neves, G., Gómez-Cordovés, C., & Barreiro, L. (2001). Anthocyanic composition of Tannat, Cabernet Sauvignon and Merlot young red wines from Uruguay. *Journal of Wine Research*, 12(2), 125-133.
- Harbertson, J., Kennedy, J., & Adams, D. (2002). Tannin in skins and seeds of Cabernet Sauvignon, Syrah, and Pinot noir berries during ripening. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(1), 54-59. <https://doi.org/10.5344/ajev.2002.53.1.54>
- Herderich, M., & Smith, P. (2005). Analysis of grape and wine tannins: Methods, applications and challenges. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11(2), 205-214. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00288.x>
- Hidalgo, J. (2011). *Tratado de enología* (2ª ed.). Mundi-Prensa.
- Ibáñez, K. (2020). *Efecto de la aplicación taninos enológicos y ultrasonido sobre la concentración de compuestos fenólicos y color de un vino Cabernet Sauvignon* [Disertación doctoral]. Universidad de Talca.

- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2023a). *Estadísticas de viñedos 2023: Datos nacionales*.
<https://www.inavi.com.uy/uploads/vinedo/b001699f9585532cfd1fa06a35756544f917eda5.pdf>
- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2023b). *Las variedades*.
<https://www.inavi.com.uy/variedades/>
- International Organisation of Vine and Wine. (s.f.). *Resolution OIV-OENO 624-2022*.
<https://www.oiv.int/node/2881>
- Kennedy, J. (2008). Grape and wine phenolic: Observations and recent findings. *Ciencia e Investigación Agraria*, 35(2), 107-120.
- Kuhlman, B., Hansen, J., Jorgensen, B., Du Toit, W., & Moore, J. (2022). The effect of enzyme treatment on polyphenol and cell wall polysaccharide extraction from the grape berry and subsequent sensory attributes in Cabernet Sauvignon wines. *Food Chemistry*, 385, Artículo e132645.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132645>
- Markham, K., Gould, K., Winefield, C., Mitchell, K., Bloor, S., & Boase, M. (2000). Anthocyanic vacuolar inclusions - their nature and significance in flower coloration. *Phytochemistry*, 55(4), 327-336.
- Mazza, G., Fukumoto, L., Delaquis, P., Girard, B., & Ewert, B. (1999). Anthocyanins, phenolics, and color of Cabernet Franc, Merlot, and Pinot Noir wines from British Columbia. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 47(10), 4009-4017.
- Mihnea, M., José, M., Velasco-López, M., Rivero-Pérez, M., Ortega-Heras, M., & Pérez-Magariño, S. (2016). Effect of pre-fermentative strategies on the composition of prieto picudo (*Vitis vinífera*) red wines. *Open Access Library Journal*, 3(11), Artículo e3197. <https://doi.org/10.4236/oalib.1103197>
- Monagas, M., Bartolomé, B., & Gómez-Cordovés, C. (2005). Updated knowledge about the presence of phenolic compounds in wine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(2), 85-118.
- Moskowitz, A., & Hrazdina, G. (1981). Vacuolar contents of fruit subepidermal cells from *Vitis* species. *Plant Physiology*, 68(3), 686-692.
<https://doi.org/10.1104/pp.68.3.686>

- Moutounet, M., Rigaud, J., Souquet, J., & Cheynier, V. (1996). Caractérisation structurale des tanins de la baie de raisin: Quelques exemples de l'incidence du cépage, du terroir et du mode de conduite de la vigne. *Bulletin de l'O.I.V.*, 69(783), 433-443.
- Obradovic, D. (2006). Grape-derived tannins and their application. *Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker*, (509), 66-73.
- Obreque-Slifer, E., Peña-Neira, A., López-Solís, R., Ramírez-Escudero, C., & Zamora-Marín, F. (2009). Phenolic characterization of commercial enological tannins. *European Food Research and Technology*, 229(6), 859-866.
<https://doi.org/10.1007/s00217-009-1121-1>
- Ortega-Regules, A., Romero-Cascales, I., Ros García, J., Bautista-Ortín, A., López-Roca, J. M., Fernández-Fernández, J., & Gómez-Plaza, E. (2008). Anthocyanins and tannins in four grape varieties (*Vitis vinifera* L.): Evolution of their content and extractability. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 42(3), 147-156. <https://doi.org/10.20870/oenone.2008.42.3.818>
- Ortega-Regules, A., Ros-García, J., Bautista-Ortín, A., López-Roca, J., & Gómez-Plaza, E. (2008). Changes in skin cell wall composition during the maturation of four premium wine grape varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(3), 420-428.
- Osete-Alcaraz, A., Bautista-Ortín, A., Ortega, A., & Gomez-Plaza, E. (2019). Combined use of pectolytic enzymes and ultrasounds for improving the extraction of phenolic compounds during vinification. *Food and Bioprocess Technology*, 12(8), 1330-1339. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02303-0>
- Pardo, F., Salinas, M., Alonso, G., Navarro, G., & Huerta, M. (1999). Effect of diverse enzyme preparations on the extraction and evolution of phenolic compounds in red wines. *Food Chemistry*, 67(2), 135-142. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00080-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00080-1)
- Parker, M., Smith, P., Birse, M., Francis, I., Kwiatkowski, K., Lattey, B., Liebich, B., & Herderich, M. (2007). The effect of pre- and post-ferment additions of grape derived tannin on Shiraz wine sensory properties and phenolic composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 13(1), 30-37.
- Piccardo, D., & González-Neves, G. (2013). Extracción de polifenoles y composición de vinos tintos Tannat elaborados por técnicas de maceración prefermentativa. *Agrociencia (Uruguay)*, 17(1), 36-44. <https://doi.org/10.31285/AGRO.17.510>

- PlantGrape. (s.f.a). *Arinarnoa N: Variedad de uva de vino*.
<https://www.plantgrape.fr/es/variedades/variedades-frutales/18>
- PlantGrape. (s.f.b). *Tannat N: Variedad de uva de vino*.
<https://www.plantgrape.fr/es/variedades/variedades-frutales/268>
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 76-89.
http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100009&lng=es&tlng=es
- Revilla, I., & González-SanJosé, M. (2002). Multivariate evaluation of changes induced in red wine characteristics by the use of extracting agents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(16), 4525-4530.
<https://doi.org/10.1021/jf020175n>
- Revilla, I., & González-SanJosé, M. (2003a). Addition of pectolytic enzymes: An enological practice which improves the chromaticity and stability of red wines. *International Journal of Food Science and Technology*, 38(2), 29-36.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2003.00628.x>
- Revilla, I., & González-SanJosé, M. (2003b). Compositional changes during the storage of red wines treated with pectolytic enzymes: Low molecular-weight phenols and flavan-3-Ol derivative levels. *Food Chemistry*, 80(2), 205-214.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00255-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00255-8)
- Ribéreau-Gayon, P. (1982). The anthocyanins of grapes and wines. En P. Markakis (Ed.), *Anthocyanins as food colors* (pp. 209-243). Academic Press.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006). *Handbook of Enology: Vol. 2: The chemistry of wine stabilization and treatments* (2nd ed.). Wiley & Sons.
- Ricardo-da-Silva, J., Rigaud, J., Cheynier, C., Cheminat, A., & Moutounet, M. (1991). Procyanidin dimers and trimers from grape seeds. *Phytochemistry*, 30(4), 1259-1264.
- Robinson, J., Harding, J., & Vouillamoz, J. (2013). *Wine grapes: A complete guide to 1368 vine varieties, including their origins and flavours*. Penguin.
https://books.google.com.uy/books/about/Wine_Grapes.html?hl=es&id=YGTnD2wGn94C&redir_esc=y#v=snippet&q=Marselan&f=true

- Robinson, S., & Davies, C. (2000). Molecular biology of grape berry ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), 175-188. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00177.x>
- Romero, I. (2008). *Extracción de compuestos fenólicos de la uva al vino: Papel de las enzimas de maceración* [Disertación doctoral]. Universidad de Murcia.
- Ros Barceló, A., Calderón, A., Zapata, J., & Muñoz, R. (1994). The histochemical localization of anthocyanins in seeded and seedless grapes (*Vitis vinifera*). *Scientia Horticulturae*, 57(3), 265-268. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(94\)90146-5](https://doi.org/10.1016/0304-4238(94)90146-5)
- Sacchi, K., Bisson, L., & Adams, D. (2005). A review of the effect of winemaking techniques on phenolic extraction in red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56(3), 197-206.
- Santos de Carvalho, E., Marques, A., Côrrea, L., De Lima, M., Danielski, R., & Druzian, J. (2021). Extended maceration of must improves phenolic composition and antioxidant potential of Touriga Nacional tropical wine. *Journal of Food Bioactives*, 13, 62-73. <https://doi.org/10.31665/JFB.2020.13260>
- Sarneckis, C., Dambergs, R., Jones, P., Mercurio, M., Herderich, M., & Smith, P. (2006). Quantification of condensed tannins by precipitation with methyl cellulose: Development and validation of an optimised tool for grape and wine analysis. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12(1), 39-49.
- Singleton, V., & Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Smith, P., McRae, J., & Bindon, K. (2015). Impact of winemaking practices on the concentration and composition of tannins in red wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(S1), 601-614. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12188>
- Souquet, J., Labarbe, B., Le Guernevé, C., Cheynier, V., & Moutounet, M. (2000). Phenolic composition of grape stems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(4), 1076-1080. <https://doi.org/10.1021/jf991171u>
- Springer, L., & Sacks, G. (2014). Protein-precipitable tannin in wines from *Vitis vinifera* and interspecific hybrid grapes (*Vitis* spp.): Differences in concentration, extractability, and cell wall binding. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(30), 7515-7523.

- Traverso, S., Baldi, C., Hernández, N., Favre, G., & González-Neves, G. (2015). Efecto de distintas alternativas de elaboración de vinos de la variedad Tannat sobre la extracción de compuestos fenólicos de la uva. *Revista Alimentos Hoy*, 24(34), 3-12.
- Vidal, S., Francis, L., Noble, A., Kwiatkowski, M., Cheynier, V., Waters, E. (2004). Taste and mouth-feel properties of different types of tannin-like polyphenolic compounds and anthocyanins in wine. *Analytica Chimica Acta*, 513(1), 57-65.
- Vignault, A., Pascual, O., Gombau, J., Jourdes M., Moine, V., Fermaud, M., Roudet, J., Canals, J., Teissedre, P., & Zamora, F. (2020). Nuevos datos sobre las funcionalidades de los taninos enológicos: Principales resultados del grupo de trabajo de la OIV. *Enólogos*, (124), 62-71.
- Vila, H., Paladino, S., Nazrala, J., & Lucero, C. (2009). *Manual de técnicas analíticas para la evaluación de compuestos fenólicos y otros componentes de la uva*. INTA.
- Von Baer, D., Mardones, C., Gutierrez, L., Hofmann, G., Becerra, J., Hitschfeld, A., & Vergara, C. (2005). Varietal authenticity verification of Cabernet sauvignon, Merlot and Carmenère wines produced in Chile by their anthocyanin, flavonol and shikimic acid profiles. *Le bulletin de L'OIV*, 78(887-888), 45-57.
<https://pandor.u-bourgogne.fr/archives-en-ligne/ark:/62246/r11128zhzk8ltk/f1>
- Vrhovsek, U., Vanzo, A., & Nemanic, J. (2002). Effect of red wine maceration techniques on oligomeric and polymeric proanthocyanidins in wine, cv. Blaufränkisch. *Vitis*, 41(1), 47-51.