

Caracterización química de vinos Malbec y Cabernet franc provenientes de dos localidades de La Pampa (Argentina), en relación al grado de madurez de las uvas

Chemical characterization of Malbec and Cabernet franc wines from two locations in La Pampa (Argentina) in relation to grapes ripeness degree

Ayelén Varela^{1,2}, Luján Masseroni², Santiago Sari³, Jorge Prieto³, Paolo Sartor², Damián Zamora², Dardo Fontanella², Carolina Aumassanne², Martín Fanzone³.

1. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Godoy Cruz 2290, Buenos Aires, Argentina.
2. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), AER 25 de mayo. Gral. Pico 720, 25 de mayo, La Pampa, Argentina.
3. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - EEA Mendoza. San Martín 3853, Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

E-mail: varela.ayelen@inta.gob.ar

Resumen

Este trabajo tiene como objetivos, caracterizar la composición química de uvas y vinos de las variedades Malbec y Cabernet franc provenientes de 25 de Mayo y Casa de Piedra (La Pampa, Argentina) e interpretar la influencia del grado de madurez de las uvas sobre la composición química de los vinos de estas variedades tintas. Las uvas se cosecharon en dos momentos: Madurez 1 (M1: 35 días después del envero) y Madurez 2 (M2: 50 días después del envero), en 2020 y 2021. Se determinaron componentes del rendimiento (producción, peso de racimos y de baya), parámetros generales analíticos en los mostos de uvas (°Brix, pH y acidez titulable) y en los vinos (alcohol, pH, acidez titulable y volátil) y compuestos fenólicos globales (fenoles, antocianos, taninos y pigmentos poliméricos). Las uvas de la M2 tuvieron mayores valores de sólidos solubles y pH y menor acidez titulable. En los vinos, la M2 mostró mayor concentración de polifenoles globales, mayor pH y contenidos de etanol más elevados. Al comparar las zonas, los vinos producidos en 25 Mayo tuvieron significativamente mayores contenidos de polifenoles en general, demostrando un mayor potencial enológico que Casa de Piedra.

Palabras clave: La Pampa, grado de madurez, vinos, compuestos fenólicos.

Abstract

The present study aimed to both, characterize the chemical composition of Malbec and Cabernet franc grapes and wines from 25 de Mayo and Casa de Piedra (La Pampa, Argentina), and to evaluate the influence of the grapes ripeness degree on the chemical composition of these red wines. The grapes were harvested in two moments: Maturity 1 (M1: 35 days after veraison) and Maturity 2 (M2: 50 days after veraison), in 2020 and 2021. In grape, yield components (production, bunch and berry weight) and general analytical parameters (° Brix, pH and titratable acidity) were determined. In wines, general analytical parameters (alcohol, pH, titratable and volatile acidity) and global phenolic compounds (phenols, anthocyanins, tannins and polymeric pigments) were analyzed. The M2 grapes had higher soluble solids and pH values and lower titratable acidity. The M2 wines showed a higher concentration of global polyphenols as well as higher pH and ethanol content. Moreover, when the zones were compared, the 25 de Mayo wines showed significantly higher polyphenol content in general, demonstrating better oenological potential than Casa de Piedra.

Keywords: La Pampa, ripeness degree, wine, phenolic compounds.

1. Introducción

La Región Patagónica Argentina es una de las regiones vitivinícolas más australes (38° a 45° de latitud sur) y con menor altitud del mundo. La viticultura se asienta principalmente en los márgenes de los ríos Negro y Colorado, en las provincias de Neuquén, La Pampa y Río Negro, aunque también se cultiva vid en regiones de la provincia de Chubut. Debido al avance de la tecnología de riego, la frontera del cultivo de la vid en la región se ha extendido y puede propagarse a niveles incalculables, a partir de la utilización de los suelos de la meseta patagónica (Villareal et al., 2007).

Particularmente, en la provincia de La Pampa, según las últimas estadísticas del Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV, 2021), la actividad vitícola ha crecido considerablemente luego del año 2000. Desde 2010, la superficie total ha aumentado un 32% (+ 68 ha). Además, presenta un 99,8% de su superficie con variedades aptas para elaboración de vinos y/o mostos.

La viticultura pampeana se desarrolla en la cuenca media del río Colorado, al sur de la provincia. El clima es árido al oeste y semiárido al este con temperaturas medias anuales de 15°C y una amplitud térmica anual muy marcada de 17°C. El régimen de lluvias disminuye de este a oeste, observándose precipitaciones medias anuales que varían desde los 320 a los 260 mm. Los suelos son pobres en materia orgánica y predominantemente arenosos con buen drenaje (Aumassanne, 2019). Estas características otorgan al cultivo un sitio vitícola óptimo para la producción de vinos de alta calidad.

Actualmente, la tendencia del mercado del vino tinto se encuentra orientada hacia la elaboración de productos con un alto contenido polifenólico y complejidad aromática, es por ello que resulta fundamental la comprensión de estos parámetros de calidad y de los múltiples factores que inciden sobre los mismos.

Los compuestos fenólicos representan unos de los principales metabolitos secundarios presentes en las uvas, y según su estructura química pueden ser divididos en dos grandes grupos: no-flavonoides (ácidos fenólicos y estilbenos) y flavonoides (antocianinas, flavanoles y flavonoles) (Ribéreau-Gayon et al., 2003). Las antocianinas constituyen la familia de compuestos directamente responsables del color de las uvas y vinos tintos jóvenes, los flavanoles (monómeros, oligómeros y polímeros) contribuyen a la astringencia, amargor y estructura de los vinos (Gawel, 1998), por su parte, los flavonoles se relacionan con el amargor (Sáenz-Navajas et al.,

2010) y junto con los flavanoles participan del color a través de reacciones de copigmentación y/o condensación (Monagas et al., 2005).

La biosíntesis y acumulación de los compuestos fenólicos durante las distintas fases del desarrollo de las bayas, depende tanto del genotipo de la planta como también de diversos factores bióticos (microorganismos estimulantes o antagonistas), abióticos (condiciones edafoclimáticas), y de las prácticas culturales realizadas en el viñedo (Düring y Davtyan, 2002; Downey et al., 2006; Villareal et al., 2007; Ubalde et al., 2007; Gutiérrez-Escobar, 2021).

Por otro lado, resulta esencial determinar el grado de madurez de las uvas (hollejo, semilla y pulpa) que permitirá definir el momento oportuno de cosecha, con el mejor potencial de calidad, para producir el vino de las características buscadas. Es decir, determinar cuál es el contenido de azúcar en las bayas que permita obtener, a su vez, la madurez fenólica, término que abarca no sólo la abundancia, diversidad y complejidad de los distintos compuestos presentes en las uvas, sino también su extractabilidad desde las distintas partes de la baya hacia el vino durante el proceso de vinificación (Ribéreau-Gayon et al., 2003).

Si bien existen resultados acerca del impacto de los factores antes mencionados, sobre la composición química de uvas y vinos de diversas zonas vitícolas de Argentina, particularmente Mendoza (Fanzone, 2012), no se cuenta con información científica sobre la zona de estudio. Es por esto que se propone con este trabajo, generar información científica de base que permita, por un lado, caracterizar la composición química de uvas y vinos de las variedades Malbec y Cabernet franc provenientes de distintas localidades de la cuenca media del río Colorado (La Pampa, Argentina); y por otro lado, interpretar la influencia del grado de madurez de las uvas sobre la composición química de los vinos de estas variedades tintas.

A partir de estos objetivos, se plantean las siguientes hipótesis de trabajo: la composición química de los vinos de las variedades Malbec y Cabernet franc de la cuenca media del río Colorado presentan un alto potencial de calidad, representado por un alto contenido de polifenoles. Así mismo, la cosecha temprana de uvas permite obtener vinos con mejores características químicas generales y cantidad de polifenoles comparables a los de cosecha tradicional, lo que favorece a la estabilidad de los mismos.

2. Materiales y métodos

Material Vegetal

El ensayo fue realizado durante las vendimias 2020 y 2021 con uvas Malbec y Cabernet franc provenientes de viñedos ubicados en dos localidades (25 de Mayo, Casa de Piedra) de la cuenca media del río Colorado (La Pampa, Argentina).

En el viñedo de la localidad de 25 de Mayo (67° 42' O y 37° 52' S), la variedad Malbec fue implantada en 2003 y Cabernet franc en el año 2008, ambas sobre pie franco con un sistema de conducción en espaldero con orientación Norte-Sur, poda corta en cordón bilateral pitoneado y riego por goteo. El marco de plantación, en ambas variedades, es de 2,5 m entre hileras y 1,5 m entre plantas.

En el viñedo de la localidad de Casa de Piedra (67° 08' O y 38° 09' S) ambas variedades fueron implantadas en 2011 sobre pie franco con igual conducción, poda y riego que en 25 de Mayo. El marco de plantación, en ambas variedades, es de 2,2 m entre hileras y 1 m entre plantas.

En ambos viñedos, la producción estimada fue de 9.000 kg/ha para Malbec y 10.500 kg/ha para Cabernet franc, mediante el ajuste de carga en la poda invernal y posteriormente con desbrote.

Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente aleatorizado, consistente en tres unidades experimentales de 10 plantas al azar para cada variedad, en cada zona, teniendo en cuenta el perímetro de tronco para determinar uniformidad de las plantas.

Las uvas se cosecharon en dos momentos: Madurez 1 (M1: 35 días después del envero) y Madurez 2 (M2: 50 días después del envero). En ambas temporadas se emplearon tres réplicas de cada momento.

Las vinificaciones se realizaron a escala piloto en recipientes plásticos de grado alimentario (30 L,) siguiendo un protocolo estándar de vinificación. En ambas temporadas se evaluaron los vinos al momento de embotellado (60 días post-descube).

Determinaciones analíticas

Se determinaron componentes del rendimiento como la producción por planta y el peso de racimos en cada vendimia y se realizó un muestreo de 100 bayas para determinar el peso de baya. Luego de la molienda, se determinaron parámetros generales analíticos (°Brix, pH y acidez titulable) en los mostos de cada unidad experimental.

En los vinos se procedió a la determinación de parámetros analíticos generales (alcohol, pH, acidez titulable y volátil), siguiendo la metodología de la

OIV (OIV, 2017); y compuestos fenólicos globales (fenoles, antocianos, taninos y pigmentos poliméricos), por espectrofotometría UV-Visible (Harbertson et al., 2003; Gordillo et al., 2015).

Análisis estadístico de los datos

Se verificó normalidad de los datos por el test de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas por el test de Levene's. Se realizó el análisis de la varianza de dos vías (ANOVA) y la comparación de medias por el test de Tukey, con un nivel de significancia de 0,05. Valores de $p < 0,05$ indicaron diferencias significativas. Todos los análisis se realizaron empleando los programas estadísticos Jamovi (2021) e Infostat (2020).

3. Resultados y Discusión

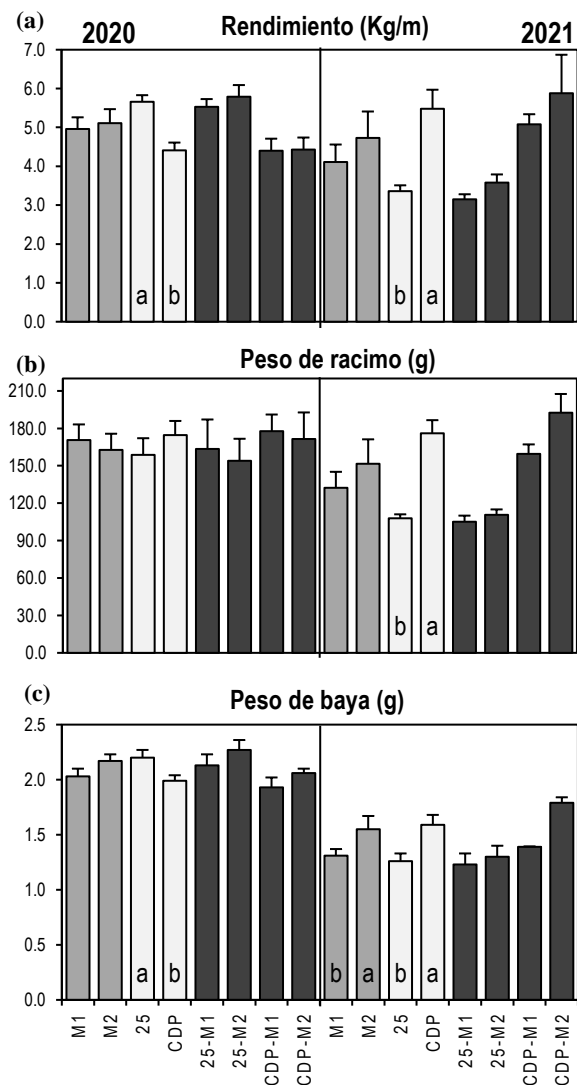


Figura 1. Componentes de rendimiento en plantas Malbec. (a) Rendimiento expresado en Kg de uva/metro lineal. (b) Peso de racimo en gramos. (c) Peso de baya en gramos.

Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$). Zonas de estudio: 25 (25 de mayo); CDP (Casa de Piedra). Grado de madurez: M1 (madurez 1) y M2 (madurez 2).

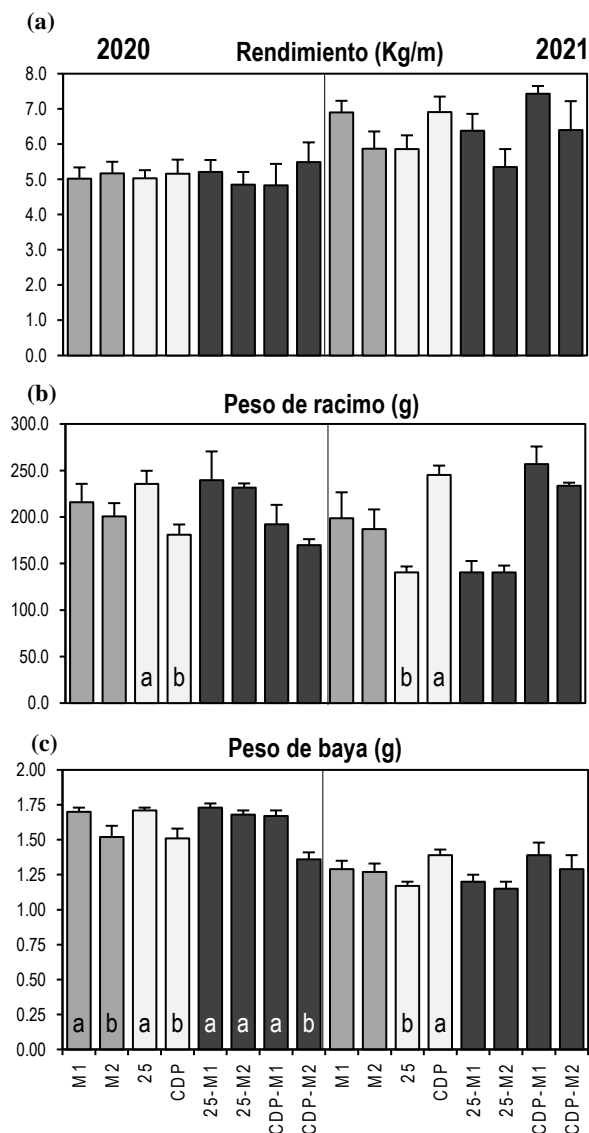


Figura 2. Componentes de rendimiento en plantas Cabernet franc. (a) Rendimiento expresado en Kg de uva/metro lineal. (b) Peso de racimo en gramos. (c) Peso de baya en gramos. Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$). Zonas de estudio: 25 (25 de mayo); CDP (Casa de Piedra). Grado de madurez: M1 (madurez 1) y M2 (madurez 2).

Parámetros de rendimiento

Está claro que el rendimiento influye en la calidad de las uvas y sus vinos, pero se trata de un complejo proceso biológico. Existe una calidad máxima posible que corresponde a un rendimiento óptimo según el equilibrio vegetativo/reproductivo de las plantas y las características agroclimáticas del viñedo (Ojeda, 2007). El rendimiento de la vid se compone de varios componentes: el número de yemas por vid, brotes por yema, racimos por brote y bayas por racimo, además del peso de las bayas (Keller, 2015).

Las Figuras 1 y 2 muestran algunos de estos componentes tales como rendimiento expresado en kg/m, peso de racimos (g) y peso de bayas (g), para ambas variedades de uva (Figura 1, Malbec; Figura 2, Cabernet franc) en las dos temporadas de estudio.

Malbec

En el caso de Malbec (año 2020) tanto el rendimiento como el peso de las bayas fueron superiores en 25 de Mayo, aunque sin diferencias significativas en el peso de los racimos. Con respecto al grado de madurez, no influyó en ninguna de las variables mencionadas.

En 2021, en cambio, las plantas de Casa de Piedra presentaron mayores valores para el rendimiento, peso de racimos y de bayas. Entre ambos puntos de madurez, se observaron diferencias en el peso de bayas, siendo significativamente mayor para M2.

Si bien la carga de los viñedos se ajustó por igual en las dos localidades, las diferencias observadas en los rendimientos podrían deberse a distintos factores como las condiciones edafoclimáticas propias de cada una, la nutrición vegetal, el manejo de la canopia, entre otros (Smart *et al.*, 1990; Spayd *et al.*, 2002; Ubalde *et al.*, 2007; Keller, 2010)

Cabernet franc

Los componentes del rendimiento para esta variedad se muestran en la Figura 2. Para ambas temporadas y momentos de cosecha, no se observaron diferencias significativas en los rendimientos obtenidos (Figura 2.a).

Al analizar el peso de racimos (Figura 2.b) se presentaron diferencias significativas según la zona de estudio, en ambas temporadas (2020 y 2021), aunque no se observó impacto del grado de madurez. En este sentido, aunque las diferencias resultaron significativas en las dos temporadas analizadas, no tuvieron el mismo comportamiento, resultando en 2020 con un peso superior los racimos de las plantas ubicadas en 25 de Mayo; a diferencia del año 2021, donde resultaron con peso superior los racimos de Casa de Piedra.

Con respecto al peso de bayas (Figura 2.c), en el año 2020, no hubo diferencias en los dos momentos de cosecha en 25 de Mayo, pero si para las bayas de Casa de Piedra, siendo de menor peso en la M2. En la vendimia siguiente, se observaron diferencias significativas sólo para las zonas, obteniéndose en Casa de Piedra bayas de pesos superiores.

Parámetros analíticos generales de las uvas al momento de cosecha

En la Tabla 1 se muestran los parámetros analíticos generales de los mostos de uva Malbec y Cabernet franc luego de la molienda, para las dos temporadas.

- Malbec.

En la vendimia 2020, como era de esperarse, se observaron diferencias significativas en las características químicas de las uvas cosechadas en distintos momentos, presentando la M2 valores significativamente mayores que la M1 con respecto al contenido de azúcares y pH, y menores en la acidez total.

En la temporada 2021 no se observaron diferencias entre M1 y M2 para los contenidos de azúcares de las uvas de 25 de Mayo, a pesar de haberse cosechado en momentos distintos. Esto indica que en dicha temporada la maduración resultó más rápida en cuanto a la acumulación de azúcares, probablemente por las condiciones climáticas, y el tiempo transcurrido entre M1 y M2 no fue suficiente para lograr una diferencia significativa en los niveles de azúcar. Diversos autores han demostrado que el proceso de maduración es un fenómeno dinámico que varía, entre otros factores, según las condiciones climáticas de cada año y zona, independientemente de la estandarización en las prácticas culturales realizadas (Gallina, 2009; Andrades y González, 1995).

Para Casa de Piedra, M2 alcanzó mayor concentración de azúcares que M1. Al analizar el pH y la acidez total, se observó igual efecto del grado de madurez que en la temporada anterior.

Con respecto a las zonas, sólo se observó efecto de este factor para la temporada 2020, siendo mayor el contenido de azúcares y menor la acidez titulable en las uvas de Casa de Piedra, lo que podría indicar una maduración más avanzada en esta zona. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en los valores de pH entre las zonas.

- Cabernet franc.

Durante el año 2020, no se observaron diferencias significativas entre las zonas en los valores de contenido de azúcares y pH, pero sí en la acidez titulable siendo mayor para las uvas de 25 de Mayo. En la temporada siguiente (2021), se observaron diferencias significativas en los tres parámetros mencionados, para las dos zonas de estudio. Específicamente, las uvas de 25 de Mayo mostraron niveles superiores de sólidos solubles, menor pH y menor acidez que las uvas de Casa de Piedra.

Además, se observó un efecto del momento de cosecha en los tres parámetros; en las dos temporadas. Las uvas de M2 presentaron mayor contenido de azúcares, mayor pH y menor acidez.

Tabla 1. Parámetros generales en bayas (mosto) al momento de cosecha

	2020			2021		
	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez Titulable (g ác. Tart./L)	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez Titulable (g ác. Tart./L)
MALBEC						
Madurez 1 (M1)	22,0 ± 0,28 ^β	3,34 ± 0,02 ^β	8,43 ± 0,45 ^α	24,6 ± 0,19 ^β	3,50 ± 0,02 ^β	5,62 ± 0,07 ^α
Madurez 2 (M2)	25,8 ± 0,36 ^α	3,67 ± 0,02 ^α	6,57 ± 0,26 ^β	25,4 ± 0,16 ^α	3,69 ± 0,03 ^α	4,81 ± 0,10 ^β
25 de Mayo (25)	23,3 ± 0,84 ^β	3,48 ± 0,08	8,15 ± 0,60 ^A	25,0 ± 0,06	3,56 ± 0,04	5,28 ± 0,15
Casa de Piedra (CDP)	24,5 ± 0,88 ^A	3,53 ± 0,07	6,84 ± 0,30 ^B	25,0 ± 0,36	3,63 ± 0,06	5,14 ± 0,24
25-M1	21,5 ± 0,27	3,31 ± 0,01	9,38 ± 0,31	24,9 ± 0,07 ^b	3,49 ± 0,02	5,60 ± 0,12
25-M2	25,1 ± 0,47	3,64 ± 0,04	6,93 ± 0,44	25,1 ± 0,07 ^{ab}	3,64 ± 0,02	4,97 ± 0,07
CDP-M1	22,5 ± 0,29	3,37 ± 0,03	7,48 ± 0,13	24,2 ± 0,20 ^c	3,51 ± 0,05	5,63 ± 0,12
CDP-M2	26,4 ± 0,12	3,69 ± 0,03	6,20 ± 0,11	25,7 ± 0,18 ^a	3,74 ± 0,01	4,64 ± 0,13
CABERNET FRANC						
Madurez 1 (M1)	22,1 ± 0,49 ^β	3,44 ± 0,02 ^β	6,08 ± 0,23 ^α	24,0 ± 0,31 ^β	3,40 ± 0,04 ^β	5,20 ± 0,07 ^α
Madurez 2 (M2)	25,9 ± 0,81 ^α	3,70 ± 0,02 ^α	5,09 ± 0,31 ^β	26,1 ± 0,44 ^α	3,75 ± 0,03 ^α	3,87 ± 0,08 ^β
25 de Mayo (25)	23,2 ± 0,86	3,57 ± 0,06	5,23 ± 0,36 ^B	25,8 ± 0,53 ^A	3,51 ± 0,08 ^B	4,41 ± 0,32 ^B
Casa de Piedra (CDP)	24,8 ± 1,15	3,57 ± 0,07	5,94 ± 0,27 ^A	24,3 ± 0,45 ^B	3,65 ± 0,07 ^A	4,67 ± 0,29 ^A
25-M1	21,8 ± 0,81	3,44 ± 0,02	5,98 ± 0,26	24,7 ± 0,07	3,32 ± 0,01	5,10 ± 0,12
25-M2	24,7 ± 0,98	3,70 ± 0,03	4,48 ± 0,10	27,0 ± 0,23	3,69 ± 0,01	3,71 ± 0,02
CDP-M1	22,5 ± 0,67	3,43 ± 0,03	6,18 ± 0,44	23,3 ± 0,18	3,48 ± 0,01	5,30 ± 0,06
CDP-M2	27,1 ± 0,88	3,71 ± 0,04	5,70 ± 0,32	25,2 ± 0,31	3,81 ± 0,02	4,03 ± 0,09

Media ± error estándar (n=3). Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, p<0,05).

Letras mayúscula (A,B) indican diferencias significativas entre bayas de distintas zonas.

Letras griegas (α,β) indican diferencias significativas entre bayas de distinto grado de madurez.

Letras minúsculas (a,b,c) indican diferencias estadísticas entre los tratamientos (interacción).

Estos resultados confirman que las uvas de ambas variedades se encontraban en diferentes grados de madurez al momento de cosecha y que las bayas maduraron correctamente, evidenciado por la acumulación de azúcares y una disminución de la acidez, producto de la degradación del ácido málico y, en menor medida, del ácido tartárico. El aumento del pH, es consecuencia de la menor concentración de ácidos, tanto por degradación como por su salificación, al aumentar la concentración de los minerales, especialmente el potasio, con el avance de la maduración (Keller, 2015).

Analizando la maduración de las dos variedades en las dos temporadas, se observan diferencias en este proceso, a pesar de que las condiciones culturales fueron las mismas. Estas diferencias son propias de la influencia de los factores ambientales de cada año y de cada zona que aceleran o retrasan los cambios en la composición química de las bayas (Gallina, 2009; Andrades y González, 1995).

Características generales de los vinos

En la Tabla 2 se observan los valores de etanol (% v/v), pH y acidez titulable (g ácido tartárico/L) para los vinos elaborados con uvas Malbec y Cabernet franc de las dos zonas y en dos momentos cosechas distintos.

- **Malbec.**

En el 2020, como era de esperar, la graduación alcohólica de los vinos de ambas localidades aumentó con la madurez. En la madurez avanzada (M2) los vinos de Casa de Piedra alcanzaron el mayor valor, de acuerdo al contenido de azúcar del mosto al comienzo de la vinificación. En cuanto al pH y acidez titulable de estos vinos, la madurez aumentó el pH y disminuyó la acidez.

Con respecto a las dos zonas, no se observaron diferencias en los valores de pH pero sí en la acidez titulable, siendo los vinos de Casa de Piedra significativamente más ácidos. En cuanto a la acidez volátil, se observa que a mayor madurez de las uvas, los vinos poseen mayor acidez; los vinos de 25 de Mayo tuvieron mayor acidez volátil que los vinos de Casa de Piedra en M1 invirtiéndose en M2, aunque sin diferencias significativas para las dos zonas en cada momento de cosecha.

Tabla 2 – Parámetros analíticos generales en vinos Malbec y Cabernet franc de dos localidades de La Pampa, elaborados con bayas de dos grados de madurez.

	2020				2021			
	Etanol (% v/v)	pH	Acidez Titulable*1 (g/L)	Acidez Volátil*2 (g/L)	Etanol (% v/v)	pH	Acidez Titulable*1 (g/L)	Acidez Volátil*2 (g/L)
MALBEC								
M1	12,60 ± 0,17 ^β	3,82 ± 0,04 ^β	5,37 ± 0,07 ^α	0,34 ± 0,02 ^β	14,73 ± 0,21 ^β	3,76 ± 0,01	5,69 ± 0,02 _β	0,30 ± 0,01 ^α
M2	15,52 ± 0,31 ^α	4,13 ± 0,05 ^α	5,08 ± 0,05 ^β	0,49 ± 0,01 ^α	15,33 ± 0,03 ^α	3,78 ± 0,02	6,16 ± 0,12 _α	0,23 ± 0,01 ^β
25	13,59 ± 0,58 ^β	4,03 ± 0,08	5,12 ± 0,06 ^β	0,42 ± 0,02	15,25 ± 0,04 ^A	3,79 ± 0,01 ^A	6,04 ± 0,17 _A	0,27 ± 0,02
CDP	14,53 ± 0,75 ^A	3,92 ± 0,08	5,33 ± 0,09 ^A	0,41 ± 0,05	14,81 ± 0,24 ^B	3,74 ± 0,01 ^B	5,80 ± 0,06 _B	0,26 ± 0,01
25-M1	12,33 ± 0,27 ^c	3,89 ± 0,03	5,25 ± 0,04	0,38 ± 0,02 ^b	15,19 ± 0,01 ^a	3,77 ± 0,02 ^{ab}	5,68 ± 0,03 _b	0,32 ± 0,01 ^a
25-M2	14,84 ± 0,13 ^b	4,16 ± 0,10	4,99 ± 0,01	0,47 ± 0,003 ^a	15,31 ± 0,05 ^a	3,82 ± 0,01 ^a	6,41 ± 0,08 _a	0,22 ± 0,003 ^c
CDP-M1	12,87 ± 0,03 ^c	3,76 ± 0,05	5,50 ± 0,08	0,31 ± 0,01 ^b	14,28 ± 0,07 ^b	3,74 ± 0,01 ^b	5,69 ± 0,03 _b	0,27 ± 0,01 ^b
CDP-M2	16,20 ± 0,11 ^a	4,09 ± 0,04	5,17 ± 0,07	0,51 ± 0,02 ^a	15,35 ± 0,02 ^a	3,73 ± 0,01 ^b	5,91 ± 0,06 _b	0,25 ± 0,01 ^{bc}
CABERNET FRANC								
M1	12,93 ± 0,22 ^β	3,96 ± 0,03 ^β	4,88 ± 0,05	0,41 ± 0,01 ^β	14,25 ± 0,23 ^β	3,72 ± 0,05	5,86 ± 0,20 _β	0,34 ± 0,02 ^α
M2	15,11 ± 0,36 ^α	4,11 ± 0,02 ^α	4,79 ± 0,07	0,45 ± 0,01 ^α	15,99 ± 0,21 ^α	3,68 ± 0,08	6,79 ± 0,43 _α	0,25 ± 0,03 ^β
25	13,88 ± 0,33	4,08 ± 0,03 _A	4,81 ± 0,08	0,43 ± 0,003	15,54 ± 0,41 ^A	3,56 ± 0,04 ^β	7,01 ± 0,34 _A	0,34 ± 0,02 ^A
CDP	14,16 ± 0,73	3,98 ± 0,04 _B	4,87 ± 0,03	0,43 ± 0,02	14,70 ± 0,40 ^B	3,84 ± 0,03 ^α	5,65 ± 0,10 _B	0,25 ± 0,03 ^β
25-M1	13,33 ± 0,29 _{bc}	4,01 ± 0,03	4,96 ± 0,09 ^a	0,43 ± 0,01 ^{ab}	14,66 ± 0,23	3,63 ± 0,03 ^b	6,27 ± 0,13 _b	0,37 ± 0,02
25-M2	14,43 ± 0,42 ^b	4,15 ± 0,01	4,66 ± 0,06 ^b	0,43 ± 0,003 _{ab}	16,42 ± 0,18	3,49 ± 0,02 ^b	7,75 ± 0,09 _a	0,30 ± 0,02
CDP-M1	12,53 ± 0,02 ^c	3,90 ± 0,03	4,81 ± 0,02 ^{ab}	0,39 ± 0,02 ^b	13,84 ± 0,21	3,82 ± 0,05 ^a	5,46 ± 0,10 _c	0,30 ± 0,02
CDP-M2	15,80 ± 0,07 ^a	4,06 ± 0,03	4,92 ± 0,01 ^a	0,47 ± 0,01 ^a	15,56 ± 0,07	3,87 ± 0,01 ^a	5,84 ± 0,04 _c	0,20 ± 0,01

Media ± error estándar (n=3). Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, p<0,05). Letras mayúscula (A,B) indican diferencias significativas entre vinos de distintas zonas. Letras griegas (α,β) indican diferencias significativas entre vinos elaborados con bayas en distinto grado de madurez. Letras minúsculas (a,b,c) indican diferencias estadísticas entre los tratamientos (interacción).

En el 2021, los vinos de Casa de Piedra aumentaron su graduación alcohólica con la madurez de las uvas y en los vinos de 25 de Mayo no hubo diferencias significativas para los dos momentos. Esto coincide con los parámetros generales de las uvas. En los vinos de 25 de Mayo, no hubo diferencias en el pH con respecto al grado de madurez de las uvas, pero sí en los valores de acidez titulable, siendo mayor en M2, y en la acidez volátil, siendo menor en ese momento. En cambio, en los vinos de Casa de Piedra no se observaron diferencias en estos tres parámetros para los distintos grados de madurez.

- Cabernet franc.

En el 2020, la graduación alcohólica de los vinos de 25 de Mayo no se diferenció con relación al grado de madurez. Por el contrario, en Casa de

Piedra los vinos de M2 presentaron una graduación alcohólica significativamente mayor. En cuanto al pH, fue mayor en vinos de M2 y en los vinos de 25 Mayo. En cambio, la acidez titulable no se diferenció en los vinos de las dos zonas para el primer momento, siendo mayor en Casa de Piedra para el segundo momento. La acidez volátil mostró diferencias significativas sólo en los vinos de Casa de Piedra aumentando con la madurez de las uvas.

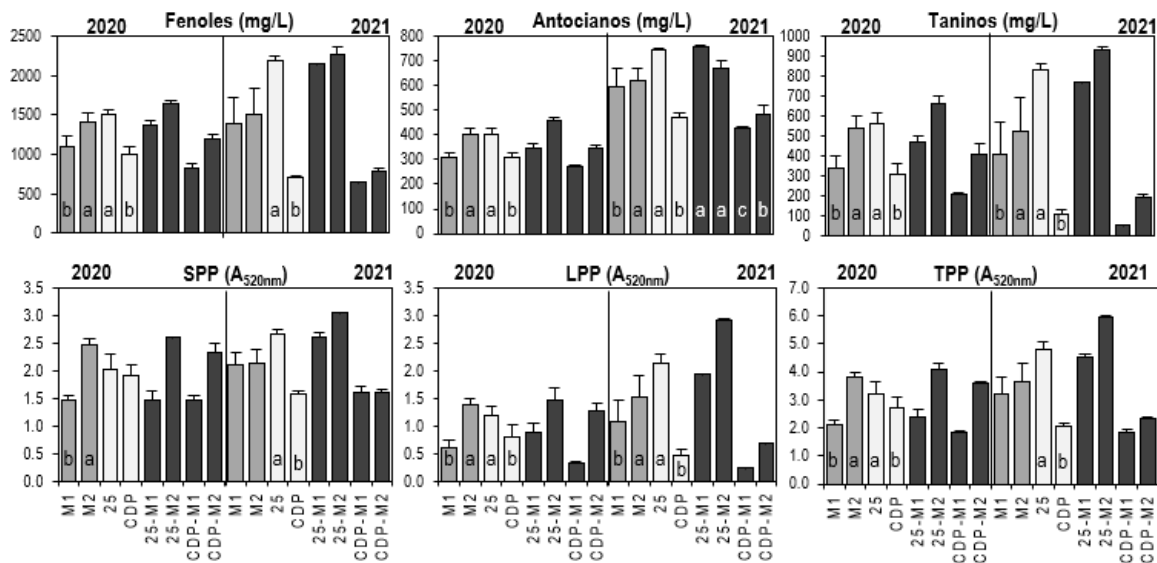


Figura 3. Parámetros fenólicos globales en vinos Malbec obtenidos en dos localidades de la provincia de La Pampa con bayas de dos grados de madurez. Letras distintas en el mismo conjunto de barras indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

En 2021, la graduación alcohólica de los vinos fue significativamente mayor en M2 y en los vinos de 25 de Mayo, de acuerdo a al contenido de azúcares de las uvas al momento de cosecha. La acidez volátil fue mayor en los vinos de M1 y en los de 25 de Mayo. Al analizar el pH, no se diferenciaron los valores con respecto al grado de madurez, pero sí en las zonas, mostrando los vinos de Casa de Piedra mayores niveles de este parámetro. En cambio, la acidez titulable fue significativamente mayor para M2 en los vinos de 25 de Mayo pero sin diferencias significativas en los vinos de Casa de Piedra para ambas cosechas.

Si bien generalmente el pH está inversamente relacionado con la concentración de ácidos, no existe una relación simple entre la acidez titulable y el pH (Keller, 2015). Se ha observado, para ambas variedades, que una mayor acidez no implica necesariamente un pH menor y esto puede deberse a que los ácidos orgánicos pueden tener un efecto buffer, amortiguando el pH.

Si bien existe diversos trabajos que muestran que la acidez titulable en vinos disminuye con la maduración de las uvas (Cassasa *et al.*, 2013; Sánchez *et al.*, 2015), en otros trabajos (Fanzone *et al.*, 2020; Gallina, 2009) se ha encontrado mayores valores de acidez titulable en vinos con uvas más maduras. Esto se debe a que en la acidez titulable se cuantifica no sólo los ácidos presentes en la uva, sino también otros ácidos orgánicos que se producen como metabolitos secundarios de la fermentación alcohólica.

Composición fenólica de los vinos

- Malbec.

En la Figura 3 se observan los parámetros fenólicos globales para los vinos de ambos momentos de cosecha y zonas de estudio (años 2020 y 2021).

En los vinos del año 2020, se observó que las muestras de 25 de Mayo contienen mayores concentraciones de fenoles, antocianinas y taninos totales que los vinos de Casa de Piedra. Con respecto a la madurez de las bayas, uvas más maduras produjeron vinos con mayores contenidos de fenoles en general, esto concuerda con numerosos trabajos que han demostrado que la madurez influye significativamente en la composición fenólica de los vinos tintos (Gallina, 2009; Gil *et al.*, 2012; Sánchez *et al.*, 2015; Fanzone *et al.*, 2020; Gutiérrez-Escobar, 2021).

Los pigmentos poliméricos totales (TPP) se obtienen de la suma de los pigmentos poliméricos de cadena corta (SPP) y los de cadena larga (LPP). Estos compuestos contribuyen a la estabilidad de color durante la crianza de los vinos. El contenido de TPP mostró igual comportamiento que los fenoles para ambos factores (zona y madurez), al igual que la fracción de LPP. En cambio, los SPP solo se vieron influenciados por el grado de madurez de las uvas utilizadas, siendo mayores para la M2.

En los vinos del 2021, se observó igual comportamiento a los de la temporada anterior con respecto a las zonas, siendo los vinos de 25 de Mayo los de mayores contenidos fenólicos en general. Una madurez más avanzada en las uvas produjo diferencias significativas en los contenidos de taninos totales, como así también en los LPP, sin

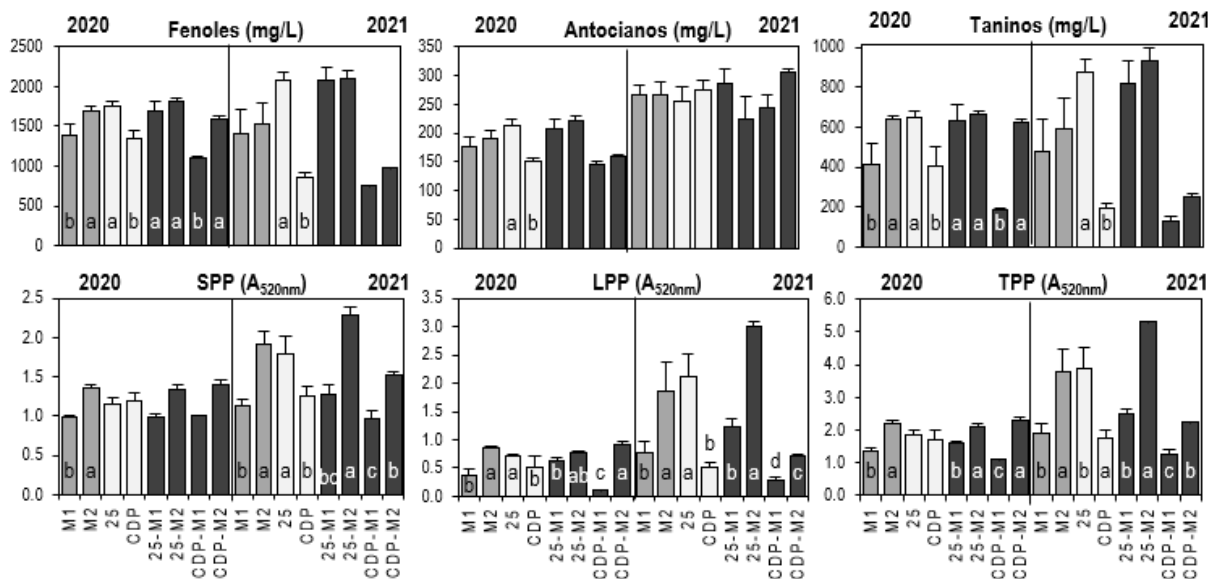


Figura 4. Parámetros fenólicos globales en vinos Cabernet franc obtenidos en dos localidades de la provincia de La Pampa con bayas de dos grados de madurez. Letras distintas en el mismo conjunto de barras indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

diferenciarse los contenidos de fenoles totales y de TPP y de SPP. En el caso del contenido de antocianos para esta misma temporada, se observó una significativa mayor cantidad en los vinos de 25 de Mayo, sin diferenciarse según el grado de madurez de las uvas. Para los vinos de Casa de Piedra, se observó un aumento en el valor de este parámetro con la madurez de las uvas.

- Cabernet franc.

En la Figura 4 se muestran los parámetros fenólicos globales para los vinos de la variedad Cabernet franc elaborados con uvas provenientes de las dos localidades en dos diferentes momentos de madurez, para la temporada 2020 y 2021.

En los vinos del año 2020, la concentración de fenoles y taninos totales se vio afectada por la madurez, en el caso de los provenientes de 25 de Mayo. En cambio, en los vinos de Casa de Piedra estos parámetros aumentaron significativamente con la madurez de las uvas. Con respecto al contenido de antocianos, se observó diferencias significativas entre los vinos de las dos zonas, siendo mayor para los de 25 Mayo.

En cuanto al contenido de TPP y LPP, aumentaron con la madurez de las uvas, teniendo los vinos de 25 de Mayo en la M1 mayores valores a los de Casa de Piedra, para luego igualarse en la M2. El contenido de los SPP sólo fue diferente en relación al grado de madurez de las uvas utilizadas, siendo mayor para la madurez más avanzada.

En los vinos del año 2021, la concentración de taninos y fenoles totales se diferenciaron según

la zona, obteniéndose valores significativamente superiores en los vinos de 25 de Mayo. Por el contrario, no hubo diferencias significativas para la concentración de antocianos.

Los pigmentos poliméricos en general (TPP, LPP y SPP) se diferenciaron significativamente, aumentando con la madurez para ambas zonas, siendo mayor en los vinos de 25 de Mayo para la M2.

Comparación de los vinos según los parámetros descriptos

En la Figura 5 se observan los Análisis de Componentes principales para cada variedad en las dos temporadas.

- Malbec.

Para los vinos del año 2020, se puede observar que el 92,8% de la variabilidad se puede explicar con estos componentes. Como indica la Figura 5a, los cuatro tratamientos se diferencian entre sí. Los vinos de M1 se encuentran en el cuadrante positivo del componente 1, caracterizado por la acidez titulable y los de M2 en el lado opuesto, con mayores valores de pH, pigmentos de cadena larga y alcohol, entre otros. Los vinos de 25 de Mayo, por su parte, se agrupan en la parte inferior, caracterizados por mayores contenidos de polifenoles en general.

Con respecto a los vinos del año 2021 (Figura 5b), se explica el 82,9% de la variabilidad con los primeros dos componentes. Los cuatro tratamientos están diferenciados entre sí, aunque, en este caso, se diferencian mayormente por la zona.

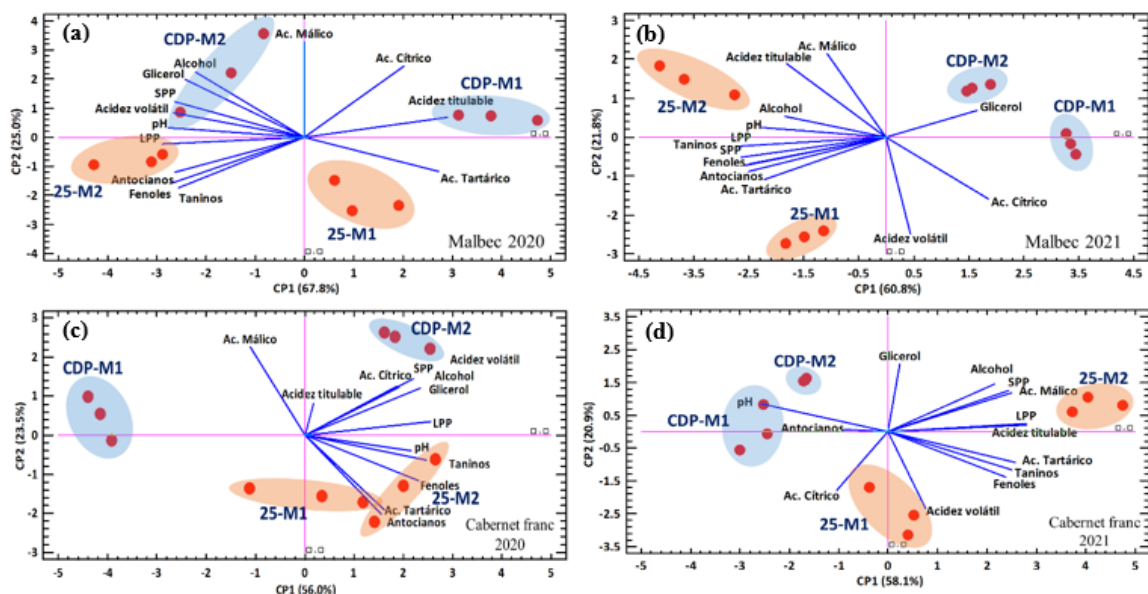


Figura 5. Análisis de Componentes Principales (ACP) en vinos Malbec y Cabernet franc elaborados con uvas de dos grados de madurez provenientes de dos localidades de La Pampa, Argentina.

Los vinos de Casa de Piedra poseen mayores contenidos de glicerol, menor alcohol y pH. Por el contrario, los vinos de 25 de Mayo se destacan por mayores concentraciones de polifenoles en general.

- Cabernet franc.

Con el Análisis de Componentes Principales para el año 2020 (Figura 5c) se puede explicar el 79,5% de la variabilidad de los vinos. Los vinos de las dos zonas se encuentran bien diferenciados, teniendo los de 25 de Mayo mayor concentración de taninos y fenoles, y mayor pH, sin presentar grandes diferencias con respecto al grado de madurez de las uvas. Sin embargo, cuando analizamos los vinos provenientes de Casa de Piedra, se observa una marcada diferencia, siendo los de M2 más alcohólicos y con mayor contenido de SPP.

En el año 2021 (Figura 5d), la variabilidad de los datos está explicada en un 79% por los primeros dos componentes del análisis. Nuevamente se observa una marcada diferenciación entre los vinos de distintas zonas, separándose del resto los vinos elaborados con uvas provenientes de 25 de Mayo para la M2, los cuales se destacan por tener mayores contenidos de pigmentos poliméricos en general, mayor acidez pero también mayor contenido de etanol.

4. Conclusiones

Los vinos producidos en las localidades de estudio poseen buenas características generales y contenido de polifenoles comparables a otras zonas de vitivinícolas. Se destacan los vinos producidos en 25

Mayo por tener significativamente mayores contenidos de polifenoles en general, demostrando un mayor potencial enológico.

Con respecto al momento de cosecha, una madurez más avanzada aumenta el contenido de polifenoles en detrimento del pH, con contenidos de etanol más elevados. En este sentido, la madurez óptima no puede describirse simplemente por la acumulación máxima de componentes de la uva, sino que es una combinación compleja de las características físicas y químicas de las uvas, el estilo de vino requerido y las preferencias del mercado.

Teniendo en cuenta la importancia del pH en la estabilidad de los vinos y los resultados obtenidos en el presente trabajo, es importante analizar técnicas enológicas que permitan la reducción de este parámetro en los vinos de la región evaluada. Así mismo, se observa en ambas zonas una acumulación rápida de azúcares en las bayas que se encuentra desfasada con la madurez fenólica. Por lo tanto, resulta interesante analizar técnicas que permitan mejorar la extracción de los compuestos polifenólicos de los hollejos de las uvas, lo que permitiría realizar cosechas tempranas para producir vinos con menor graduación alcohólica, sin detrimentos de la complejidad aromática y del color, de acuerdo a la normativa vigente y a la tendencia del mercado.

5. Referencias

Andrades Rodríguez, M. S.; González San José, M. L. (1995) *Influencia climática en la maduración de la uva: Estudio de cultivares de La Rioja y Madrid*. Zubía, 7, pp 79-102. ISSN 0213-4306

- Aumassanne, C. (2019) *Impacto de los cambios en el uso y la cobertura de la tierra y de la variación del clima, sobre los componentes principales del balance de agua en la cuenca del río Colorado, Argentina*. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. 176 p.
- Cassasa, L. F. y otros 6 autores (2013) *Influence of Fruit Maturity, Maceration Length, and Ethanol Amount on Chemical and Sensory Properties of Merlot Wines*. *Am. J. Enol. Vitic.*, 64 (4), pp 437-449. DOI: 10.5344/ajev.2013.13059
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2020) Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
DOI: 10.35537/10915/82130
- Downey, M.O.; Dokoozlian, N.K.; Krstic, M.P. (2006). *Cultural Practice and Environmental Impacts on the Flavonoid Composition of Grapes and Wine*. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57 (3), pp 257-268.
- Düring, H.; Davtyan, A. (2002). *Developmental changes of primary processes of photosynthesis in sun- and shade-adapted berries of two grapevine cultivars*. *Vitis*, 41 (2), pp 63-67. DOI: 10.5073/vitis.2002.41.63-67
- Fanzone, M. L. (2012) *Caracterización de la composición fenólica de uvas y vinos de la variedad Malbec (vitis vinifera L.): su relación con el origen geográfico, factores vitivinícolas y valor comercial*. Tesis de doctorado. Universitat Roviri i Virgili, Tarragona, España. 368 p. <http://hdl.handle.net/10803/81715>
- Fanzone, M. y otros 9 autores (2020). *Combination of pre-fermentative and fermentative strategies to produce Malbec wines of lower alcohol and pH, with high chemical and sensory quality*. *OENO One*, 54, 4, pp 1041-1058. DOI: 10.20870/oeno-one.2020.54.4.4018
- Gallina, M. (2009) *Influencia del estado de madurez y la exposición de los racimos de la cv. Pinot noir (Vitis vinifera L.) en la composición de la uva y el vino, en el Alto Valle de río Negro y Neuquén*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. 97 p.
- Gawel, R. (1998) *Red Wine Astringency: a review*. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 4(2), pp 74-95. DOI: 10.1111/j.1755-0238.1998.tb00137.x
- Gil, M. y otros 6 autores (2012). *Influence of Grape Maturity and Maceration Length on Color, Polyphenolic Composition, and Polysaccharide Content of Cabernet Sauvignon and Tempranillo Wines*. *J. Agric. Food Chem.* 2012, 60, pp 7988–8001. DOI: 10.1021/jf302064n
- Gordillo, B. y otros 7 autores (2015). *Application of differential colorimetry to evaluate anthocyanin–flavonol–flavanol ternary copigmentation interactions in model solutions*. *J. Agric. Food Chem.*, 63, pp 7645-7653. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b00181
- Gutiérrez-Escobar, R.; Aliaño-González, M.J.; Cantos-Villar, E. (2021) *Wine polyphenol content and its influence on wine quality and properties: A review*. *Molecules*, 26, pp 718-779. DOI: 10.3390/molecules26030718
- Harbertson, J. F., Picciotto, E. A., y Adams, D. O. (2003). *Measurement of polymeric pigments in grape berry extracts and wines using a protein precipitation assay combined with bisulfite bleaching*. *Am. J. Enol. Vitic.*, 54(4), pp 301-306. ISSN 0002-9254
<https://www.ajevonline.org/node/5320.full>
- INV (2021). *Informe Anual de superficie 2020*. Subgerencia de Estadística y Asuntos Técnicos Internacionales. Mendoza, Argentina. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/inv/vinos/estadisticas>
ISBN-13:978-987-521-229-9
- Keller, M. (2010) *Managing grapevines to optimise fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists*. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, pp 56–69
DOI: 10.1111/j.1755-0238.2009.00077.x
- Keller, M. (2015). *The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology*. 2^{da} ed. Elsevier Inc, San Diego, Estados Unidos. 508 p. ISBN: 978-0-12-419987-3
- 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), pp 85-118. DOI: 10.1080/10408690490911710
- OIV (2017) *Compendium of international methods of wine and must analysis* (vols. 1-2). París, Francia: Organización Internacional de la Viña y el Vino.
- Ojeda, H. (2007) *¿Cómo se relaciona la calidad de la uva y del vino con el rendimiento del viñedo?* *Revista Enología*, 5, Año IV.
- Ribéreau-Gayon, P.; Glories, Y.; Maujean, A.; Dubourdieu, D. (2003). *Tratado de enología*. Vol 2. Química del vino, estabilización y tratamientos. 1º ed, Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. pp. 177–258. ISBN 950-504-573-5
- Sáenz-Navajas, M.; Campo, E.; Fernández-Zurbano, P.; Valentin, D.; Ferreira, V. (2010) *An assessment of the effects of wine volatiles on the perception of taste and astringency in wine*. *Food Chemistry* 121: pp 1139–1149. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.01.061

Sánchez, N.; Aleixandre-Tudó, J. L.; Aleixandre, J. L. (2015) *Evolución fenólica y calidad sensorial de los vinos tintos de bobal elaborados utilizando diferentes tecnologías*. Enoviticultura, 37, pp 17-29. <http://hdl.handle.net/10251/92944>

Smart, R. E.; Dick, J. K.; Gravett, I. M. (1990) *Canopy Management to Improve Grape Yield and Wine Quality – Principles and Practices*. S. Afr. J. Enol. Vitic., 11 (1). DOI: 10.21548/11-1-2232

Spayd, S.E.; Tarara, J.M.; Mee, D.L.; Ferguson, J.C. (2002) *Separation of Sunlight and Temperature Effects on the Composition of Vitis vinifera cv. Merlot Berries*. Am. J. Enol. Vitic. 53:3, pp 171-182

The Jamovi Project (2021). Jamovi. (Version 2.0) [Software Informático]. Sídney, Australia. <https://www.jamovi.org>

Ubalde, J. M.; Sort, X.; Poch, R. M.; Porta, M. (2007) *Influence of edapho-climatic factors on grape quality in Conca de Barberà vineyards (Catalonia, Spain)*. J. Int. Sci. Vigne Vin, 41 (1), pp 33-41. DOI: 10.20870/oenone.2007.41.1.859

Villareal, P.; Romagnoli, S.; Llorente, A. (2007). *Pautas tecnológicas: vid para vinificar. Manejo y Análisis económico-financiero*. 1ª ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires, Argentina. 104 p.