



Influencia del color de las mallas antigranizo en el estado hídrico de los viñedos y la madurez de *Vitis vinifera* L. en regiones semiáridas

Irene Carbajal Ramos^{1,2*}, Gabriel Nahuel³, Silvia Clavijo^{1,2}, María Silvina Cabeza^{1,2}, Pablo Castro³, Carina Llano^{1,2}

1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria (FCAI), Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), Bernardo de Irigoyen 375, San Rafael, Mendoza, 5600 Argentina.
2. ICAI (CONICET – UNCuyo), Instituto de Ingeniería y Ciencias Aplicadas a la Industria, Bernardo de Irigoyen 375, San Rafael, Mendoza, 5600 Argentina.
3. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Rama Caída, El Vivero s/n, San Rafael (5600), Mendoza, Argentina.

*E-mail: icarbajal@fcai.uncu.edu.ar

PALABRAS CLAVES

Isótopos Estables
Malbec
Mendoza
Viticultura sustentable

RESUMEN

En regiones semiáridas como Mendoza, Argentina, las condiciones climáticas como la baja precipitación, la distribución irregular de la lluvia, la alta evapotranspiración, el granizo y las temperaturas extremas plantean desafíos significativos para la producción de plantas. El objetivo del presente trabajo es explorar la influencia de dos colores de mallas antigranizo para evaluar el estado hídrico de los viñedos. Se utilizaron como indicadores el $\delta^{13}C$ y la composición fisicoquímica de las uvas durante el período envero-vendimia. La metodología empleada incluyó un muestreo de bayas de vid varietal cv. Malbec, con dos colores de mallas antigranizo (perla y negro) en una parcela ubicada en EEA INTA Rama Caída, San Rafael, Mendoza, Argentina. Los principales resultados reflejaron, por un lado, que el color de la malla antigranizo negra fue más favorable para el estado hídrico de los viñedos y por el otro, respecto del impacto sobre las variables fisicoquímicas se destaca que el color perla genera uvas de mayor tamaño y con valores de concentración de sólidos solubles más elevados. Comprender estos efectos es crucial para optimizar el uso del agua en la viticultura, en particular en regiones áridas donde el agua es escasa y crucial para la producción sostenible.

Influence of the color of anti-hail meshes on the water status of the vineyards and the maturity of *Vitis vinifera* L. in semi-arid regions

KEYWORDS

Stable isotopes
Malbec
Mendoza
Sustainable viticulture

ABSTRACT

In semi-arid regions like Mendoza, Argentina, climatic conditions such as low precipitation, irregular rainfall distribution, high evapotranspiration, hailstorms, and extreme temperatures pose significant challenges to plant production. The objective of this study is to explore the influence of two colors of anti-hail nets on the water status of vineyards. $\delta^{13}C$ and the physicochemical composition of grapes were used as indicators during the ripening-harvest period. The methodology involved sampling berries from Malbec grape vines covered with two colors of anti-hail nets (pearl and black) in a plot located at the INTA Rama Caída Experimental Station, San Rafael, Mendoza, Argentina. The main results showed that the black anti-hail net was more favorable for the vineyards' water status, while the pearl net resulted in larger grapes with higher soluble solids concentration. Understanding these effects is crucial for optimizing water use in viticulture, particularly in arid regions where water is scarce and vital for sustainable production.

1. Introducción

En las regiones semiáridas como Mendoza, existen condicionantes climáticas adversas para la producción vegetal evidenciadas principalmente en la restricción impuesta por los bajos patrones de precipitación, la irregularidad en la distribución de las lluvias, la elevada evapotranspiración y las temperaturas extremas (Flores Asin, 2019). En estos escenarios, los cultivos que mejor se desarrollan son aquellos que pueden convivir con algún grado de déficit hídrico. Un cultivo resiliente en el sur de Mendoza que soporta bajos porcentajes de humedad relativa ambiental, suelos secos, alta irradiancia y temperaturas por sobre el límite óptimo de las plantas es la vid.

En las últimas décadas, los avances en las investigaciones sobre la relación del estado hídrico y el uso de isótopos estables constituyen una herramienta para evaluar la sostenibilidad de los cultivos que está siendo amenazada por la reducción efectiva de los recursos hídricos (Mena Morales et al., 2022). En este sentido, para determinar el estado hídrico de las plantas se utiliza la composición del isótopo de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) presente en los tejidos vegetales (Spangenberg et al., 2020, Rienth et al., 2023). Hay dos isótopos de carbono estables en la naturaleza (^{12}C y ^{13}C), la mayor parte de este elemento se encuentra en la forma más ligera ^{12}C (98,93 %), mientras que el ^{13}C más pesado representa el 1,07 % (Hoefs, 2009). Cuando las plantas no tienen limitantes hídricas mantienen sus estomas abiertos, por lo cual la tasa de ingreso de CO_2 a la planta será máxima. Bajo estas condiciones, el CO_2 de la cavidad estomática estará enriquecido en ^{12}C respecto al aire, ya que el isótopo pesado ($^{13}\text{CO}_2$) presenta una menor velocidad de difusión que el liviano ($^{12}\text{CO}_2$) (Farquhar et al., 1989).

Si bien, estos análisis son prometedores, en el sur de Mendoza otro fenómeno climático condicionante en la producción vitivinícola es el granizo. Este fenómeno climático genera grandes pérdidas económicas en los oasis mendocinos que, si bien constituyen un evento de naturaleza aleatoria, la distribución espacial y los niveles de intensidad (y de daño) adquieren aspectos diferenciales según la zona (Van den Bosch, 2022). Los daños sobre la planta se visualizan desde el rompimiento de las bayas de uvas, lo que facilita los ataques de hongos y la deshidratación, hasta disminución en la floración, foliación lo que causa una pérdida en la eficiencia fotosintética, como así también en los

sarmientos donde queda dañada la corteza provocando riesgo de infecciones (Martín et al., 2023). Para esta inclemencia, las coberturas con malla antigranizo constituyen un método de defensa muy efectivo por lo que se ha incrementado la superficie protegida (Nahuel, 2013; Curetti y Raffo, 2022; Muskaan et al., 2022). Uno de los efectos más importantes que ejercen las mallas, además de la protección física como barrera para el granizo, es la disminución de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) (Raffo et al., 2019). Dependiendo del tipo y color de la red, se han medido reducciones en la intensidad de la luz solar del 4 al 9% (PAR), del 25 al 29% (UV) y del 5% (IR), lo que reduce la temperatura en hasta 7°C (Olivares-Soto et al., 2020). Las mallas claras se comportan como superficies traslúcidas (Castejón y Santamaría, 1993) y generan un proceso difusivo de la luz aumentando la radiación recibida en el cultivo (Raffo et al., 2019). Las mallas oscuras producen efecto de sombreado sin modificar la calidad espectral de la radiación (Raffo et al., 2019, Jafary et al., 2022).

Asimismo, la literatura reporta como consecuencia de la presencia de coberturas antigranizo modificaciones de ciertos parámetros tales como el rendimiento, la concentración de azúcares, el peso de baya, la concentración de ácidos y fenoles (Martínez-Lüscher et al., 2018). El rendimiento suele estar influenciado por las condiciones ambientales, las prácticas en el viñedo y la variedad de uva. El contenido de azúcar, en particular la glucosa y la fructosa, se acumula durante el proceso de maduración y es esencial para determinar el contenido potencial de alcohol del vino. El peso de las bayas, otro parámetro clave, afecta la relación uva-jugo, que es importante para la extracción de sabores y taninos. La concentración de ácidos orgánicos, como el ácido tartárico y málico, contribuye a la acidez y al equilibrio general de la uva, lo que influye en el sabor y la vida útil del vino (Yilmaz et al., 2024).

De lo anteriormente expuesto, se propone como objetivo general de este artículo explorar la influencia de dos colores de mallas antigranizo, perla y negro, para evaluar el estado hídrico de los viñedos a través del análisis del $\delta^{13}\text{C}$ y la composición fisicoquímica de las uvas durante el período envervendimia.

Este enfoque permitirá comprender cómo las diferentes mallas afectan el estrés hídrico y la calidad del fruto, aportando información valiosa para optimizar el manejo de los recursos hídricos en la

viticultura, particularmente en regiones áridas, donde el agua es un recurso limitado y crucial para la sostenibilidad del cultivo.

2. Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) de Rama Caída, San Rafael, Mendoza, Argentina. La EEA pertenece al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). El sitio experimental se encuentra ubicado en calle El Vivero s/N°. Las vides estudiadas pertenecen al varietal cv. Malbec sobre pie franco. La recolección de datos se llevó a cabo durante el verano del 2020. El marco de plantación es de 2,5 m entre hileras con orientación noreste-suroeste y una distancia de 1,50 m entre plantas.

Diseño experimental y modelo estadístico

El diseño experimental se definió de acuerdo con la homogeneidad de las plantas en el viñedo, basado en el peso de poda. El modelo estadístico aplicado es factorial: 1^2+1 nivel (testigo). Este modelo permitió analizar la influencia de los colores perla y negro de malla antigranizo (Figura 1). Para ello se establecieron bloques aleatorios con tres tratamientos, los cuales se enumeran a continuación:

- Tratamiento 1 (TE) constituye el testigo (sin protección antigranizo),
- Tratamiento 2 (N) tiene malla antigranizo Negra,
- Tratamiento 3 (P) tiene malla antigranizo Perla.

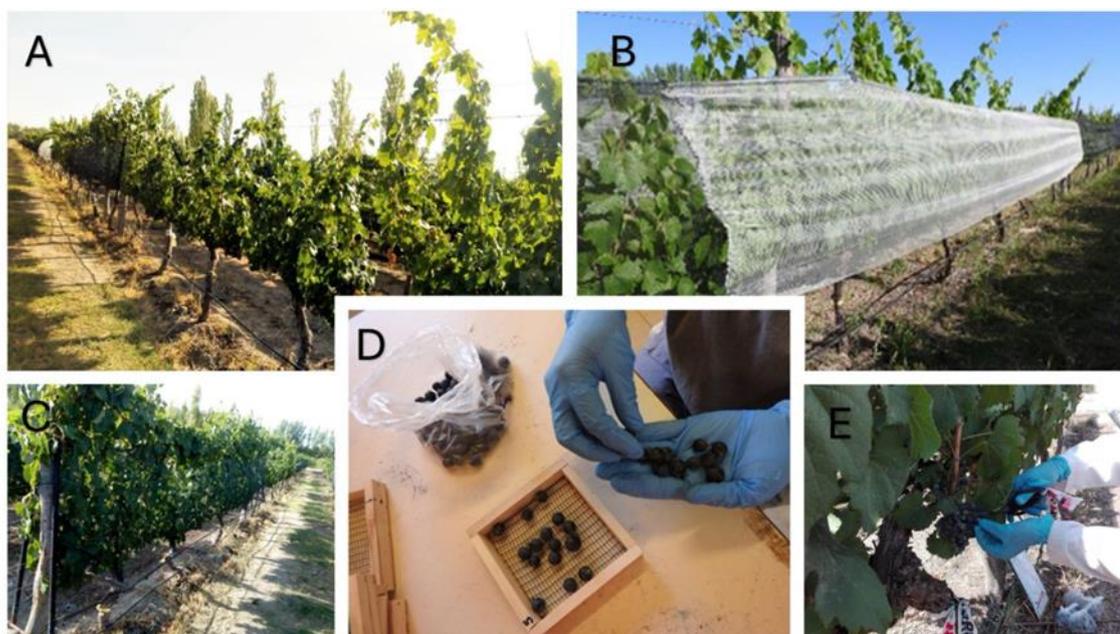


Figura 1. (A). Tratamiento (TE) sin malla antigranizo; (1-B). Tratamiento (P) tiene malla antigranizo Perla; (1-C). Tratamiento (N) tiene malla antigranizo Negra. (1-D). Procesamiento de bayas; (1-E). Muestreo en vendimia para determinación del $\delta^{13}C$.

Todos los tratamientos recibieron la misma cantidad de agua mediante el sistema de riego por goteo. Se aportó una lámina de reposición equivalente al 100% respecto de ETC (tasa de evapotranspiración del cultivo).

Los datos relevados, fueron analizados mediante modelos lineales mixtos, MLM, (Infostat software, versión 1.5; Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina). El color de la red y la época del año fueron considerados como factores fijos; mientras que el bloque fue considerado como un factor aleatorio.

Determinación de $\delta^{13}C$

El muestreo se realizó previo a la vendimia. La muestra de bayas se conformó de 50 unidades extraídas en forma aleatoria de los racimos de 5 plantas por unidad experimental. Se manipuló el material vegetativo con guantes de nitrilo para evitar contaminación cruzada. Se almacenó cada una en bolsas plásticas rotuladas evitando la rotura de los granos en el transporte al laboratorio. Se recortaron los pedúnculos de cada baya, se extrajeron contaminantes sólidos (hojas, tierra, etc.). Se secaron las muestras en horno con flujo forzado a una temperatura de 55°C hasta peso constante y

actividad acuosa promedio de 0.28. Se redujeron las bayas secas mediante molienda y se almacenaron. La determinación de $\delta^{13}\text{C}$, se llevó a cabo en el Laboratorio de Isótopos Estables en Ciencias Ambientales, IDEVEA (UTN-FRSR & CONICET). Para la medición de isótopos estables, se pesó $3 \pm 0,5\mu\text{g}$ de muestra en balanza analítica Mettler Toledo AT20 10/2 μg sobre microcápsula de estaño 6x4 mm de 97,5% de pureza. Las mediciones se obtuvieron con un espectrómetro de masas de flujo continuo Thermo Scientific DELTA V acoplado vía ConFlo IV al Analizador Elemental Flash 2000. Para este equipo la precisión analítica es de 0,1‰ para las relaciones isotópicas de carbono (V-PDB).

Caracterización de bayas

Para controlar el proceso de madurez de los viñedos, se realizaron los análisis de rutina de acuerdo con los procedimientos vigentes (Nazralla et al., 2009). Debido a las características destructivas de los ensayos, se dispusieron cinco cepas por unidad experimental, distintas a las destinadas a medición de isótopos y potencial hídrico foliar, para realizar el seguimiento de bayas. Se llevaron a cabo los muestreos en ocho fechas durante el período envero-vendimia: 23-30/01, 06-13-19-27/02 y 05-10/03. Los ensayos realizados fueron: peso de baya, sólidos solubles, pH y acidez total.

Peso de baya

La muestra de bayas se conformó de 50 unidades, extraídas en forma aleatoria de los racimos de 5 plantas por unidad experimental. Se recortaron los pedúnculos de cada baya. Se pesaron en una balanza digital (Denver Instrument, modelo APX-203, de capacidad de 200 g, precisión 0.001 g, Estados Unidos). Se registraron los pesos de muestras totales y se calculó el peso de cada unidad mediante una planilla de cálculo.

Sólidos solubles

Una vez que se realizó el pesaje y se estimó el peso de baya, se procedió a realizar molienda manual de cada muestra dentro de cada bolsa plástica. Se utilizó un refractómetro autocompensado por temperatura (ATC-1E, ATAGO, Tokio, Japón), con resolución de lectura 0,1.

pH

El pH se determinó mediante un peachímetro digital (827PHLAB, METROHM, Herisau, Suiza). Previo a cada secuencia de mediciones, se calibró el instrumental con las soluciones buffer pH 4 y pH 7. En un vaso de precipitado se molieron los granos de uva, se extrajo el líquido sobrenadante y se introdujo el electrodo para tomar lectura directa de cada ensayo en el visor del equipo.

Acidez total

Se tomaron 10 ml del jugo de uvas con pipeta doble aforo, y se colocó en un Erlenmeyer. Se agregó 40 a 50 ml de agua destilada, y 2 o 3 gotas de azul de bromotimol. Se llenó y enrasó una bureta con solución de NaOH N/10. Se tituló hasta viraje del indicador (verde azulado), y se registró el volumen de NaOH utilizado y se calculó la acidez total.

3. Resultados y Discusión

Los resultados se centraron en dos ejes que permitieron analizar el efecto de los colores de las protecciones de mallas antigranizo (perla y negro). En primera instancia, se determinó la composición isotópica de carbono, $\delta^{13}\text{C}$ para evaluar el estado hídrico de los cultivos. En segundo lugar, se hace referencia a las características fisicoquímicas de las bayas, las cuales posibilitaron determinar su evolución en el período envero-vendimia.

Composición isotópica de carbono $\delta^{13}\text{C}$

Se determinó diferencias para los tres tratamientos, existiendo diferencias significativas entre medias con $p\text{-valor}=0,008<0,05$. En la Figura 2 se muestra la clasificación de medias, los valores de composición isotópica que indican mejor estado hídrico de las cepas. El color de malla antigranizo negra con un valor medio de -27,31‰; y las condiciones de mayor estrés hídrico en el color perla, con media igual a -26,86‰. Las cepas testigo tuvieron un comportamiento intermedio.

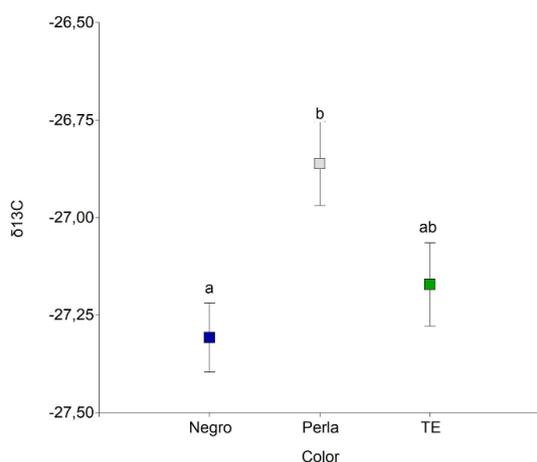


Figura 2. Clasificación de medias por tratamiento de composición isotópica en función del factor color. Medias con una letra común son significativamente diferentes (p -valor= 0,008).

Así mismo, para todos los valores de composición isotópica, quedaron establecidos entre el rango -27,63 ‰ y -26,27‰, correspondientes a la escala de estrés hídrico débil o nulo (Santesteban et al., 2015; Brillante et al., 2020). Resultados similares se reportaron en experiencias previas con los varietales Chasselas y Pinot Noir bien irrigados, los que tuvieron valores de composición isotópica en bayas de -27,26 ‰ y -26,47‰, indicando que las cepas se habían desarrollado en el período envero-vendimia sin estrés hídrico (Spangenberg y Zufferey, 2018). Para una experiencia en función de la poda y frecuencia de riego con el varietal Tempranillo en parcelas regadas 2 y 3 veces por semana, se obtuvieron valores de $\delta^{13}C$ -26,94‰ y -27,44‰ (Santesteban et al., 2017a). En un estudio de mapeo mediante imágenes de alta resolución obtenidas por vehículos no tripulados se obtuvieron valores entre -27,9‰ (sin estrés hídrico) y -24,1‰ (con estrés severo) (Santesteban et al., 2017b). Teniendo en cuenta que es el primer estudio de estado hídrico reportado en Malbec, sería fundamental analizar la influencia del tipo de varietal y fenología en los valores de $\delta^{13}C$, tales como los analizados por Plantevin y colaboradores (2022) en 48 variedades cultivadas en Francia.

Composición fisicoquímica de bayas

Se determinaron ensayos de rutina tales como: peso de baya, composición de sólidos solubles, pH y acidez

titulable total, para estimar la afectación de las protecciones antigranizo en la calidad de las uvas.

Evolución de peso de bayas

Se obtuvieron diferencias significativas entre las medias, Perla= 1,37 g (a); Negro=1,32 g (b) y Testigo= 1,23 g (c). De acuerdo con la Figura 3, durante las fechas en que se realizó muestreo, las curvas de evolución muestran un comportamiento diferenciado. Los valores mínimos para todas las determinaciones corresponden al tratamiento testigo (curva verde). Levemente superior, se ubicaron las parcelas bajo cobertura de color negro. La evolución máxima de peso se registró para las bayas bajo telas de color perla, alcanzado los máximos rendimientos productivos.

Las bayas del tratamiento TE fueron las de menor peso durante toda la temporada, estos resultados son coherentes de acuerdo con Mirás-Avalos e Intrigliolo (2017). El tratamiento P marcó el máximo en tamaño de fruto, con un valor medio de 1,37 gramos. Esto se debe a que, a diferencia de las bayas previas al envero, las bayas posteriores al envero están protegidas de los cambios en el estado hídrico de la vid y son en gran medida insensibles al marchitamiento inducido por la sequía (Keller et al., 2015; Gambetta et al., 2020). Además, la incidencia de luz difusa aumenta la actividad fotosintética y la generación de fotoasimilados (Dayer et al. 2020) y se modifica la composición química (Olivares-Soto et al., 2020). Pallotti y colaboradores (2023) sugieren que el mayor peso de baya registrado frente a vides sin mallas de protección se debe a la menor deshidratación de los frutos. La influencia del color de la malla antigranizo sobre las vides también ha sido reportada por Jafary et al. (2022), donde las uvas del varietal Rishbaba registraron mayor peso bajo mallas color perla, seguidas de aquellas desarrolladas con cobertura negra y, por último, el tratamiento testigo sin protección. En estudios similares aplicados a manzanas, el empleo de mallas afectó en forma positiva el tamaño de los frutos en el cv. Cripp's Pink (Raffo et al., 2019), mientras que el análisis de López et al. (2018) presentó peor estado hídrico, adelanto en la maduración de la fruta restando tiempo para su crecimiento y aumento de la fotoinhibición.

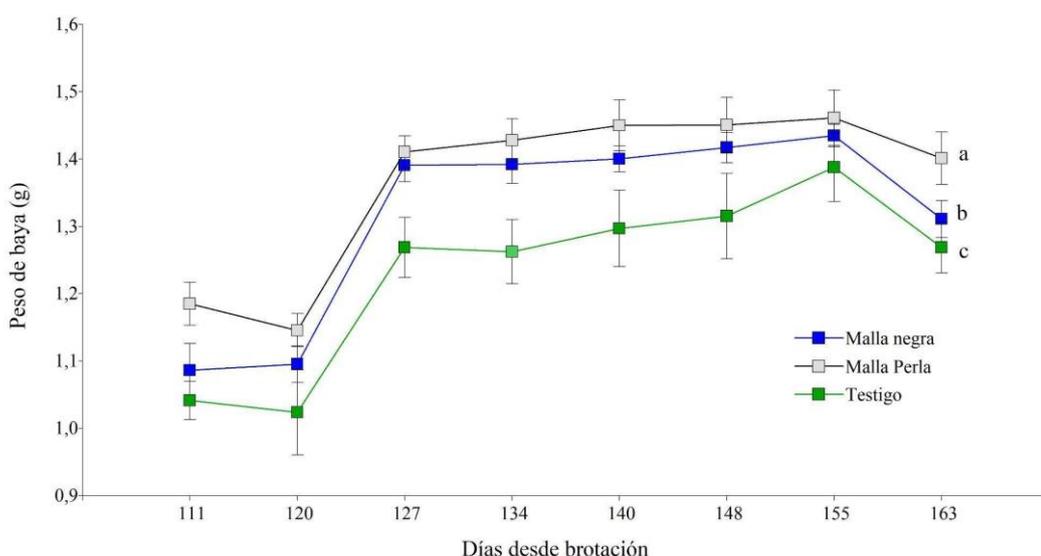


Figura 3. Evolución del peso de una baya (g) registrada, en los distintos tratamientos cv. Malbec, desde 23-01-2020 hasta 13-03-2020. Las barras indican error estándar.

Evolución de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix)

La evolución del nivel de sólidos solubles en baya se muestra en la Figura 4. El análisis de datos mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Consistentemente con el mayor tamaño de baya se reportaron los mayores valores de concentración de sólidos solubles en las bayas bajo cobertura color perla

y los menores en las vides sin protección antigranizo (TE). Esto también se visualiza en la alta correlación entre ambas variables (coeficiente de Pearson= 0,66). Los valores promedio máximos de $^{\circ}$ Bx para el tratamiento P, fue de 21,31 $^{\circ}$ Bx (valor medio ajustado de la temporada); frente al mínimo obtenido en TE de 20,03 $^{\circ}$ Bx. Estos valores son congruentes dado que las bayas de uva acumulan una cantidad alta de azúcares (Gambetta et al., 2020).

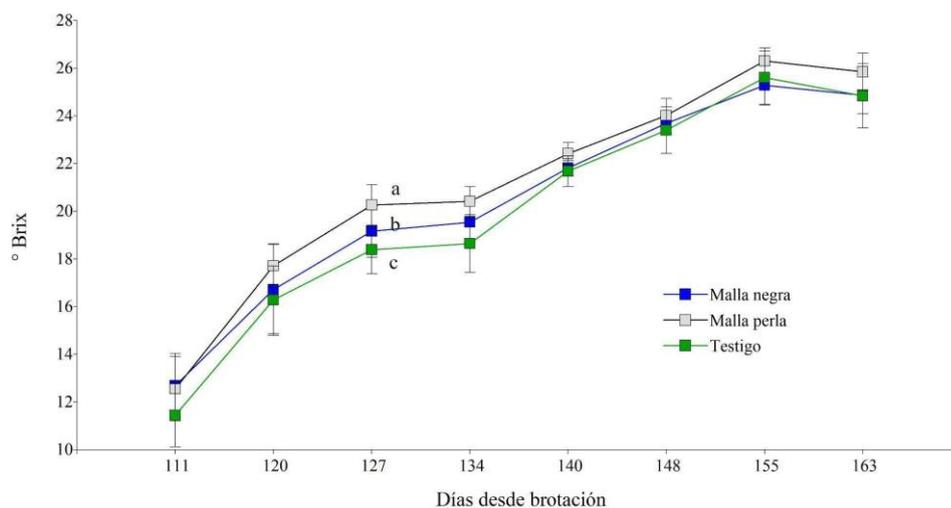


Figura 4. Evolución del contenido de sólidos solubles en baya ($^{\circ}$ Brix) registrada, en los distintos tratamientos cv. Malbec, desde 23-01-2020 hasta 13-03-2020. Las barras indican error estándar.

La relación entre un aumento de tamaño asociado a mayor concentración de azúcares con buena disponibilidad de agua también ha sido informado por Vilanova et al. (2018), Yuste y Martínez-Porro

(2018), van Leeuwen et al. (2019). En bayas, el efecto de la malla blanca, también se reflejó en índices de sabor (Jafary et al., 2022). Sin embargo, Villalobos et al. (2021) en un ensayo de vides cv. Moscatel de

Alejandría presentó mayor concentración de sólidos solubles en uvas bajo coberturas de color negro frente a las bayas desarrolladas bajo protecciones de color blanca. Además, estudios similares en manzanas, asociaron la presencia de mallas a un efecto positivo en la tasa de fotosíntesis por una menor fotoinhibición que generalmente ocurre en horas del mediodía con altos valores de temperatura. Esto se traduce en una mayor acumulación de carbohidratos que pueden producir tanto un mayor crecimiento vegetativo como un mayor tamaño de los frutos (Raffo et al., 2019).

La evolución del pH no mostró diferencias significativas entre tratamientos para la temporada envero-vendimia. Igualmente, en las curvas de seguimiento de la temporada envero-vendimia (Figura 5), pueden observarse tendencias de las bayas desarrolladas sin protección a menores valores de pH para todo el período de estudio. Las bayas bajo cobertura tuvieron comportamiento similar hasta mediados de febrero. A partir de allí, el TP presentó mayores valores frente al TN.

Evolución de pH

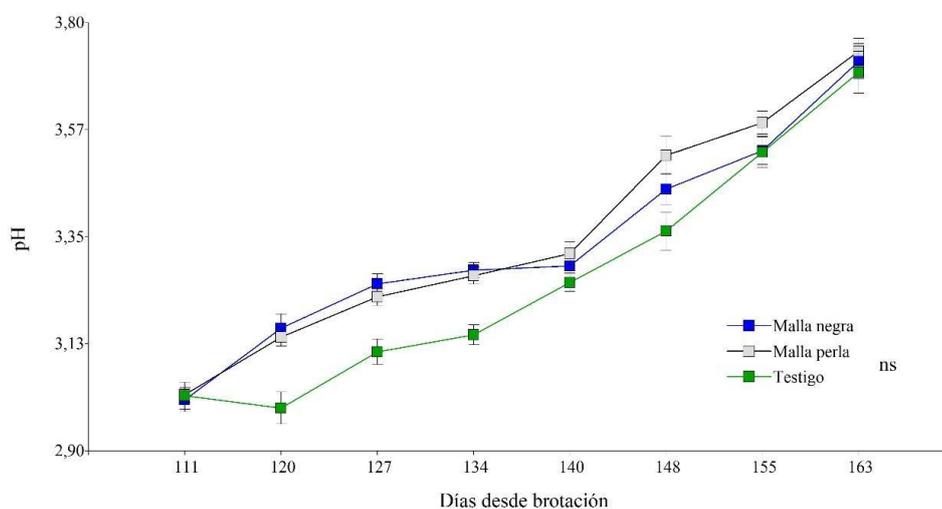


Figura 5. Evolución del pH registrado en los distintos tratamientos cv. Malbec, desde 23-01-2020 hasta 13-03-2020.

Si bien los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, las curvas de las variables peso de baya y brix tuvieron comportamientos similares en el período envero-vendimia. Este análisis es consistente con los valores de correlación de Pearson observado entre pH con peso de baya y °brix (0,56 y 0,88). El $\delta^{13}\text{C}$ no presentó relación con el pH. Estas correlaciones también se reflejan en resultados obtenidos por Santesteban et al. (2017a). Estos valores también podrían estar influenciados por las condiciones climáticas propias de la temporada como los registrados por Urvieta et al. (2021).

Evolución de acidez total (g/L ácido tartárico)

La evolución de la acidez total mostró diferencias significativas entre las medias de los tratamientos para la temporada 2020 (Figura 6). Al inicio del envero, se observaron variaciones en los contenidos de ácido tartárico de las bayas, con valores más elevados en las cepas testigo, y menor cantidad en los tratamientos de las vides con mallas de color perla. A mediados del mes de febrero, el proceso madurativo de los frutos se unificó hasta alcanzar los 4,4 g/L en promedio de acidez total en cosecha.

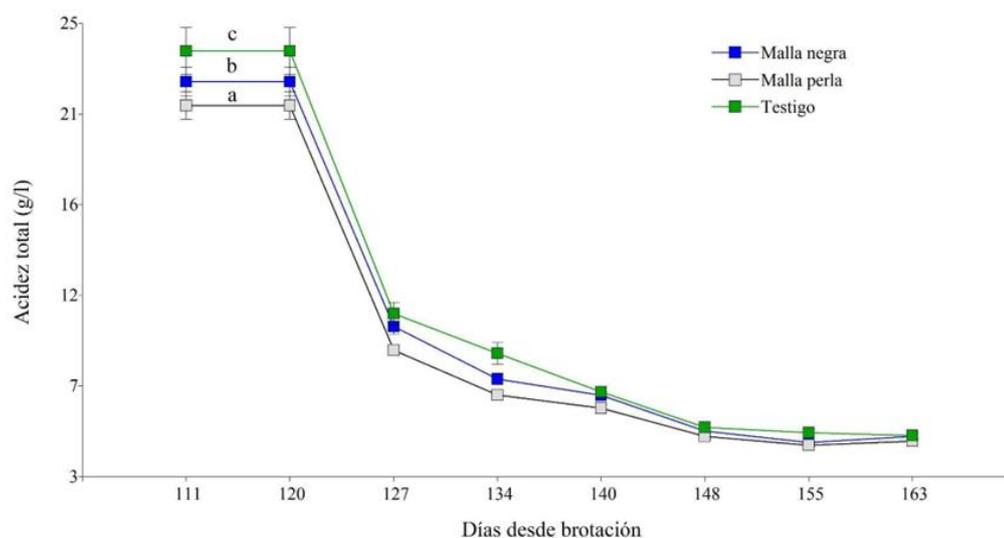


Figura 6. Evolución del contenido de acidez total, expresada en g/L de ácido tartárico, en los distintos tratamientos cv. Malbec, desde 23-01-2020 hasta 13-03-2020. Las barras indican error estándar.

Similares resultados fueron obtenidos en ensayos de riego por Junquera y colaboradores (2012) y Valentini y colaboradores (2019). Se evidenciaron valores extremos de medias ajustadas, donde el TE tuvo el valor máximo de 10,92 g/L; y el TP el mínimo de 9,34 g/L. Los datos responden a los análisis reportados por Trigo-Córdoba y colaboradores (2015), Uriarte y colaboradores (2015), Mirás-Avalos e Intrigliolo (2017), Santesteban y colaboradores (2017a), Vilanova y colaboradores, (2018) que indicaron que los azúcares y los ácidos orgánicos se correlacionan negativa y positivamente respecto al estado hídrico de los viñedos; también demostrado por van Leeuwen (2010), donde el ácido málico de las bayas disminuyó por el déficit hídrico y se correlacionó negativamente con el $\delta^{13}\text{C}$. Sin embargo, ensayos similares en vides Cabernet Sauvignon con diversas estrategias de riego y sombreado no presentaron diferencias significativas para la variable acidez total, reportados por Martínez-Luscher et al., (2020). Por otro lado, Ghiglieno et al., (2020), determinaron que la presencia de mallas antigranizo ralentizó la evolución del contenido de acidez titulable total y málica en bayas.

4. Conclusiones

En este trabajo se propuso analizar la influencia de dos colores de mallas antigranizo, perla y negro, para evaluar la eficiencia del uso de agua de riego y la

composición fisicoquímica de las uvas. Los resultados reflejaron, por un lado, que el color de la malla antigranizo negra fue más favorable para el estado hídrico de los viñedos, que los obtenidos bajo la cobertura color perla. En vendimia, las bayas desarrolladas bajo este tratamiento presentaron los menores valores de $\delta^{13}\text{C}$, que, de acuerdo con las escalas vigentes, se interpreta una temporada envero-vendimia sin estrés hídrico.

Por el otro, respecto del impacto sobre las variables fisicoquímicas se destaca que el color perla genera uvas de mayor tamaño y con valores de concentración de sólidos solubles más elevados. Esto indicaría un mejor rendimiento productivo. Sin embargo, la acidez total en estos tratamientos fue menor, lo cual se interpreta como menor calidad enológica de la materia prima para su vinificación.

Este trabajo evidencia la importancia de analizar el impacto que produce el sistema de protección con malla plástica sobre el estado hídrico de las cepas y la calidad de las uvas dada la relevancia a nivel provincial de esta técnica de mitigación sobre los daños producidos por el granizo.

5. Agradecimientos

Se agradece a INTA-EEA Rama Caída, San Rafael, Mendoza que facilitó la parcela del ensayo y brindó asesoramiento técnico en el desarrollo del proyecto de investigación. Este trabajo se realizó en el marco del programa de becas de posgrado de la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado, SIIP UNCuyo.

6. Referencias

- Brillante, L., Martínez-Lüscher, J., Yu, R., & Kurtural, S. K. (2020). Carbon isotope discrimination ($\delta^{13}\text{C}$) of grape musts is a reliable tool for zoning and the physiological ground-truthing of sensor maps in precision viticulture. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 561477.
- Castejón, A., Santamaría, G. (1993). Tecnología eléctrica. Mc Graw-Hill. Interamericana de España, S. A.
- Curetti, M. y Raffo, D. (2022). Manzanas: cuando el color es sinónimo de calidad. *Revista INTA*, N90, pág. 23-29. Alto Valle. Argentina. 107
- DACC. (Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas), 2023. Estadísticas 1993-2023 [en línea]. [https://www.mendoza.gov.ar/contingencias/riesgo-agricola/] [Consulta: 22 de noviembre, 2023].
- Dayer, S.; Gowdy, M.; van Leeuwen, C.; Gambetta, G. (2020). Potenciar la respuesta de la vid a la sequía para incrementar la sostenibilidad del viñedo. *IVES Technical Reviews - published September 2020* https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2020.4482
- Farquhar, G. D., Ehleringer, J. R., & Hubick, K. T. (1989). Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 40(1), 503-537.
- Flores Asin, J. E. (2019). Tecnologías verdes en zonas áridas: Diseño y evaluación energético-ambiental de sistemas de vegetación de aplicación en cubiertas edilicias.
- Gambetta, G. A.; Herrera, J. C.; Dayer, S.; Feng, Q.; Hochberg, U.; Castellarin, S. D. (2020). The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 71,16:4658–4676. doi:10.1093/jxb/eraa245.
- Ghiglieno, I.; Mattivi, F.; Cola, G.; Trionfini, D.; Perenzoni, D.; Simonetto, A.; Gilioli, G. y Valenti, L. (2020). The effects of leaf removal and artificial shading on the composition of Chardonnay and Pinot noir grapes. *OENO One*, 54(4), 761–777. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.4.2556
- Hoefs, J. (2009). *Geoquímica de isótopos estables* (Springer-Verlag: Berlín, Alemania).
- Jafary, L.; Kavooosi, B.; Zare, H. (2022). Response of some Vegetative, Qualitative and Quantitative Traits of Grape Vine (*Vitis vinifera* L. Cv. Rishbaba) to Type of Color and Percentage of Shading in Netting System. *L. Journal of Horticultural Science*. DOI: 10.22067/jhs.2021.73470.1105.
- Junquera, P.; Lissarrague, J. R.; Jiménez, L.; Linares, R. y Baeza, P. (2012). Long-term effects of different irrigation strategies on yield components, vine vigour, and grape composition in cv. Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera* L.). *Irrigation Science*, 30(5), 351–361. https://doi.org/10.1007/s00271-012-0348-y
- López, G.; Boinia, A.; Manfrinia, L.; Torres-Ruiza, J.M.; Pierpaolia, E.; Zibordia, M.; Loscialeb, P.; Morandia, B.; Corelli-Grappadellia, L. (2018). Effect of shading and water stress on light interception, physiology and yield of apple trees. *G. Agricultural Water Management* 210 140–148.
- Martín, V. M.; Gallego-Nicasio, B.; Pulido Lería, C. (2023). *Elaboración de vinos, otras bebidas alcohólicas, aguas cafés e infusiones*. Editorial IC. ISBN: 978-84-1103-425-8.
- Martínez-Lüscher, J.; Chen, C.C.; Brillante, L.; Kurtural, S.K. (2017). La exclusión parcial de la radiación solar con redes de sombra de color reduce la degradación de los ácidos orgánicos y flavonoides de la baya de la uva (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural and food chemistry*. 65, 10693-10702. Doi: 10.1021/acs.jafc.7b04163.
- Mena Morales, A.; Martínez Gascueña, J.; Chacón Vozmediano, J.L.; Izquierdo Cañas, P.M.; Muñoz Organero, G. y Grupo MINORVIN. (2022). Evaluación del estado hídrico de variedades minoritarias de vid de diferentes zonas vitícolas de España por medidas de la relación isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$). IV Jornadas del Grupo de Viticultura. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas pág. 184-209. Editores: Gonzaga Santesteban, Nazareth Torres. Pamploma/Iruña. España.
- Mirás-Avalos, J.M.; Intrigliolo, D.S. (2017). Grape composition under abiotic constraints: water stress and salinity. *Frontiers in Plant Science* 8, 851.
- Muskaan, R.; Aggarwal, R. K.; Bhardwaj, S. K. (2022). Effect of anti-hail net installations on microclimate around apple plants in orchards

- of Himachal Pradesh. *Journal of Agrometeorology*. ISSN: 0972-1665. Vol. No. 24 (1): 83-85 (March 2022). <https://journal.agrimetassociation.org/index.php/jam>.
- Nahuel, C.G. (2013). Tesis Magister Scientiae Comportamiento agronómico de la vid (*Vitis vinifera*, L.) var. Merlot bajo tres sistemas de protección con malla plástica antigranizo. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
- Nazrala, J.J.B.; Paladino, S. C.; Vila, H. F.; Lucero, C.C. (2009). Manual de técnicas analíticas para mostos y vinos. 1era Edición Ediciones INTA. Luján de Cuyo. ISBN 978-967-1623-41-9.
- Olivares-Soto, H.; Bastías, R. M.; Calderón-Orellana, A.; and López, M. D. (2020). Sunburn control by nets differentially affects the antioxidant properties of fruit peel in 'gala' and 'Fuji' apples. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 61, 241–254. doi: 10.1007/s13580-020-00226-w
- Pallotti, L.; Silvestroni, O.; Dottori, E.; Lattanzi, T.; Lanari, V. (2023). Effects of shading nets as a form of adaptation to climate change on grapes production: a review. *OENO One* 57:2. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.2.7414>.
- Plantevin, M.; Gowdy, M.; Destrac-Irvine, A.; Marguerit, E.; Gambetta, G. A., van Leeuwen, C. (2022). Using $\delta^{13}\text{C}$ and hydroscares for discriminating cultivar specific drought responses. *Vine and wine Open Access Journal*, July 3-8, 2022. XIVth International Terroir Congress. DOI:10.20870/oeno-one.2022.56.2.5434. Bordeaux, France.
- Raffo, D., Curetti, M. (2022). Manzanas: cuando el color es calidad. *Revista INTA Alto Valle*, 90. Río Negro. Argentina.
- Raffo, M., Rodríguez, A., Cureyi, M., Calvo, G. Muñeco, L. (2019). Experiencias en el uso de mallas antigranizo para la protección de manzanos en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina. INIA Las Brujas. Seminario de actualización técnica en frutales de pepita. Uruguay.
- Rienth, M., Laurent, C., Scholasch, T. (2023). Cuáles son los métodos basados en la planta para evaluar el estado hídrico de la vid. *Enolife*, <https://enolife.com.ar/es/cuales-son-los-metodos-basados-en-la-planta-para-evaluar-el-estado-hidrico-de-la-vid/>
- Santesteban, L.G., Miranda, C., Barbarin, I. y Royo, J.B. (2015). Stable isotopes in viticulture: a review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21: 157-167. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12124>.
- Santesteban, L. G., Di Gennaro, S.F., Herrero-Langreo, A., Miranda, C., Royo, J.B., Matese, A. (2017a). High-resolution UAV-based thermal imaging to estimate the instantaneous and seasonal variability of plant water status within a vineyard. *Agric Water Manag.* 2017; 183:49-59.
- Santesteban, L.G., Miranda, C., Urrestarazu, J., Loidi, M., Royo, J.B. (2017b). Severe trimming and enhanced competition of laterals as a tool to delay ripening in Tempranillo vineyards under semiarid conditions. *OENO One*. 2017;51(2):191-203. doi:10.20870/oeno-one.2016.0.0.1583.
- Spangenberg, J. E; Schweizer, M.; Zufferey, V. (2020). Shifts in carbon and nitrogen stable isotope composition and epicuticular lipids in leaves reflect early water-stress in vineyards. *Science of the Total Environment* 739 (2020) 140343
- Spangenberg, J.E., Zufferey, V., (2018). Changes in soil water availability in vineyards can be traced by the carbon and nitrogen isotope composition of dried wines. *Sci. Total Environ.* 635, 178–187.
- Trigo-Córdoba, E., Bouzas-Cid, Y., Orriols-Fernández, I., & Mirás-Avalos, J. M. (2015). Effects of deficit irrigation on the performance of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. "Godello" and "Treixadura" in Ribeiro, NW Spain. *Agricultural Water Management*, 161, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.011>
- Uriarte, D., Intrigliolo, D. S., Mancha, L. A., Valdés, E., Gamero, E., & Prieto, M. H. (2016). Combined effects of irrigation regimes and crop load on "Tempranillo" grape composition. *Agricultural Water Management*, 165, 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.11.016>
- Urvieta, R., Gregory, J., Buscema, F., Bottini, R., Fontana, A. (2021). Terroir and vintage discrimination of Malbec wines based on phenolic composition across multiple sites in Mendoza, Argentina. *Scientific Reports* (11:2863). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82306-0>
- Valentini, G., Allegro, G., Pastore, C., Colucci, E., Magnanini, E., & Filippetti, I. (2019). Climate

- change and vine training systems: the influence different spatial distribution of shoots may have on sugar accumulation in Sangiovese grapevines. *BIO Web of Conferences*, 13, 04006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191304006>
- Van den Bosch, M. E. (2022). Evaluación económica de las pérdidas por granizo en los oasis de la provincia de Mendoza e identificación de eventos extremos. Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires. ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861. Argentina.
- van Leeuwen, C. (2010). Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. DOI:10.1533/9781845699284.3.273. ENITA - Université de Bordeaux, France.
- van Leeuwen, C.; Pieri, P.; Gowdy, M.; Ollat, N.; Roby, J.-P. (2019). Reduced density is an environmental friendly and cost effective solution to increase resilience to drought in vineyards in a context of climate change. *OENO One* 53, 129–146 (2019). <https://doi.org/10.20870/oenone.2019.53.2.2420>.
- Vilanova, M., Rodríguez-Nogales, J. M., Vila-Crespo, J., Yuste, J. (2018). Influence of water regime on yield components, must composition and wine volatile compounds of *Vitis vinifera* cv. Verdejo. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 25(1), 83-91. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12370>
- Yilmaz, T.; Ates, F.; Turan, M.; Hatterman-Valenti, H.; Kaya, O. (2024). Dynamics of Sugars, Organic Acids, Hormones, and Antioxidants in Grape Varieties 'Italia' and 'Bronx Seedless' during Berry Development and Ripening. *Horticulturae*, 10(3), 229.
- Yuste, J., Vicente, A., & Martínez-Porro, D. (2018). La dosis de riego en cv. Verdejo: Estado hídrico, efectos fisiológicos y repercusión agronómica en la D.O. Rueda. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. CN Riegos XXXVI, Valladolid. <https://doi.org/10.25028/cnriegos.2018.a02>.