



Comportamiento de *Vitis vinifera* L. cv. Merlot bajo tres sistemas de instalación de malla antigranizo

Cesar Gabriel Nahuel^{1*}, Pablo Castro¹, Edgardo Nahuel¹, Irene Carbajal Ramos^{2,3}, Jorge Pérez Peña⁴

1. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Rama Caída, El Vivero s/n, San Rafael (5600), Mendoza, Argentina.
2. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria (FCAI), Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), Bernardo de Irigoyen 375, San Rafael, Mendoza, 5600 Argentina.
3. ICAI (CONICET – UNCuyo), Instituto de Ingeniería y Ciencias Aplicadas a la Industria, Bernardo de Irigoyen 375, San Rafael, Mendoza, 5600 Argentina.
4. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Mendoza, San Martín 3853, Luján de Cuyo (5507), Mendoza, Argentina.

*E-mail: nahuel.gabriel@inta.gob.ar

PALABRAS CLAVES

Grembiule
Microclima
Fotosíntesis
Antocianinas

RESUMEN

En Mendoza, el granizo es una adversidad meteorológica limitante para la producción agrícola. Anualmente el 10% de la superficie cultivada con vid se ve afectada, registrando daños de hasta el 100%. La utilización de malla antigranizo es un método de defensa efectivo, aunque puede modificar el microclima y el comportamiento del cultivo. El objetivo es evaluar la influencia de tres sistemas de instalación de malla antigranizo sobre las condiciones microclimáticas y algunas variables vegetativas, fisiológicas y de composición de bayas en viñedos. Se compararon tres sistemas de instalación de malla plástica antigranizo: Grembiule (Gr), túnel (Tu), malla unida (Mu) y un testigo sin protección (Te) en un diseño de parcelas al azar en un viñedo cv. Merlot. Los resultados evidenciaron que el sistema Gr proporcionó un microclima más fresco y húmedo. El Tu se comportó similar a Gr, aunque la concentración de antocianinas y el peso de baya fueron reducidos. Los sistemas Gr y Tu mejoraron el estado hídrico. En contraste, el sistema Mu ofreció condiciones microclimáticas y estado hídrico similares al testigo. Es importante profundizar el estudio de las relaciones hídricas y la calidad enológica de los viñedos con malla antigranizo, así como el efecto de diferentes tejidos.

Behavior of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot Under Three Hail Net Installation Systems

KEYWORDS

Grembiule
Microclimate
Photosynthesis
Anthocyanins

ABSTRACT

In Mendoza, hail is a meteorological challenge that significantly limits agricultural production. Annually, 10% of the vineyard area is affected, with damages reaching up to 100%. The use of hail nets is an effective defense method; however, it can alter the microclimate and crop behavior. This study aims to evaluate the influence of three hail net installation systems on microclimatic conditions and specific vegetative, physiological, and berry composition variables in vineyards. Three plastic hail net systems—Grembiule (Gr), Tunnel (Tu), and Unified Net (Mu)—were compared against an unprotected control (Te) in a randomized block design in a Merlot vineyard. Results showed that the Gr system provided a cooler and more humid microclimate. The Tu system exhibited similar behavior to Gr, though it reduced anthocyanin concentration and berry weight. Both Gr and Tu systems improved the water status of the vines. In contrast, the Mu system presented microclimatic conditions and water status similar to the control. Further research on water relations and the enological quality of vineyards under hail net systems, as well as the effects of different net fabrics, is recommended.

1. Introducción

La viticultura en Argentina se concentra principalmente en el centro-oeste del país, siendo Mendoza la principal productora de uva, con 145.393 hectáreas que representan el 71% de la superficie vitícola nacional (INV, 2023). Sin embargo, esta área cultivada es susceptible a daños por granizo; siendo afectada anualmente el 10% de la superficie y de esta, el 50% presenta daños totales (DACC, 2023). El granizo es un fenómeno meteorológico que se origina en nubes convectivas. En la región de Cuyo, la precipitación de granizo ocurre principalmente entre los meses de octubre y abril luego de un período de intenso calentamiento del suelo (entre las 16:00 y las 23:00 horas), tras las máximas temperaturas del día (Ortiz Maldonado, 1991).

El método más efectivo para proteger los cultivos de daños por granizo es la cobertura con malla plástica antigranizo (Di Césare, 1997; Garnaud, 1998; Iglesias y Alegre, 2006). No obstante, se ha encontrado algunos efectos de la malla principalmente sobre el cultivo en frutales, los que incluyen un incremento de la humedad relativa y una reducción de la radiación solar, de la temperatura del aire y de la velocidad del viento (Garnaud, 1998; Iglesias y Alegre, 2006; Rana et al., 2004; Osaer et al., 2004; Mupambi et al., 2018), pero en el caso de la vid existen escasos estudios que analicen estos efectos.

Se han observado diferencias significativas en la humedad relativa, que muestra un mayor incremento bajo malla en días despejados (Solomakhin y Blanke, 2010). La radiación global y la temperatura media también se comportaron de manera diferente bajo malla, registrándose reducciones de hasta un 30% y de 3 a 4 °C, respectivamente (Lakatos et al., 2011). Experiencias locales indican reducciones de radiación entre el 17% y el 31% (Del Monte et al., 2006; Guida et al., 1997), aunque estos valores se encuentran dentro del rango necesario para alcanzar niveles óptimos de fotosíntesis en la primera capa de hojas (Keller, 2015).

En relación con el viento, se han documentado reducciones de velocidad entre el 30% y el 45% (Di Césare, 1997), y algunos autores reportan una reducción de hasta el 50% (Middleton y McWaters, 2002). Este aspecto es relevante, ya que la

protección antigranizo con malla plástica ha reducido las pérdidas de frutos por efecto del viento en un 20% (Garnaud, 1998). En regiones con alta incidencia de viento, el área foliar y la conductancia estomática se ven afectadas (Carey et al., 2007).

La luz influye directa o indirectamente en la mayoría de los procesos fisiológicos y vegetativos. Se ha encontrado que la fotosíntesis, la formación de yemas, la floración, la expansión foliar y el alargamiento de entrenudos se ven influenciados por la intensidad y calidad de la luz incidente (Salisbury y Ross, 1994). Se ha asociado la reducción de la intensidad y calidad de luz en la canopia de plantas protegidas con malla antigranizo a un incremento de la clorofila en las hojas y una disminución de la tasa fotosintética y del rendimiento (do Amarante et al., 2011), aunque otros estudios no han encontrado diferencias en el comportamiento fotosintético bajo malla (Solomakhin y Blanke, 2008).

La conductancia estomática también se ve afectada por el uso de coberturas. En condiciones sin cobertura, se registran altos valores de conductancia estomática inmediatamente después del riego, seguidos de una rápida reducción hasta alcanzar valores inferiores a los observados en condiciones con cobertura (Smita, 2007). En un estudio sobre el comportamiento diario de la conductancia estomática y la fotosíntesis en vides conducidas en espaldera sin protección antigranizo, se observó que los valores eran más bajos durante las horas de la tarde, independientemente del nivel de riego aplicado (Cuevas et al., 2006).

El uso de mallas antigranizo también se ha asociado con un menor consumo de agua en plantas protegidas. En cultivo de manzanos, durante períodos de deficiencia de humedad del suelo, se ha encontrado valores de potencial hídrico más favorable en plantas bajo malla (Smita, 2007). Algunos estudios recientes han investigado su impacto en diversos cultivos. Por ejemplo, en uvas de mesa, se ha documentado que las redes de sombreado reducen la evapotranspiración y aumentan el potencial hídrico de las hojas y el contenido de agua (Jafari Burki et al., 2022; Avenant y Avenant, 2022). Se ha observado un incremento del potencial hídrico foliar y de la concentración de agua en las hojas (Avenant, 1994), así como una rápida disminución del potencial hídrico foliar en las primeras horas de la mañana, alcanzando valores

mínimos en plantas sin cobertura (Rana et al., 2004). En ambientes áridos, estas redes han demostrado incrementar el vigor de las vides, sugiriendo que las vides pueden mantener un mejor estado hídrico bajo condiciones de sombreo (Villalobos-Soublett et al., 2021).

Si bien la protección antigranizo puede salvaguardar la producción, también puede afectar el rendimiento. Algunos autores han documentado incremento en el rendimiento en cultivos de manzano (do Amarante et al., 2018). Otros han observado menor inducción floral y, aunque no encontraron diferencias en el rendimiento final, sí se reportaron reducciones en la iniciación de flores, el rendimiento y la coloración de la fruta, junto con un aumento en el crecimiento vegetativo y una disminución de las quemaduras solares (Blanke, 2008). En estudios realizados en durazneros bajo malla antigranizo, no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento (Ojer et al., 2002), aunque se registraron variaciones en el color de fondo y la firmeza de la pulpa, lo que influyó en el momento de cosecha. Aunque se han realizado algunos estudios en cultivo de vid, la mayoría se ha centrado en uvas de mesa, reportándose en algunos casos un rendimiento mayor bajo malla (Avenant, 1994), aunque en otros no se ha observado diferencias (Salazar et al., 2018).

La composición de las bayas puede verse afectada por cambios en el microclima. La luz y la temperatura son las principales variables que regulan la síntesis de antocianinas; su acumulación puede verse influenciada tanto por una reducción en la síntesis como por un aumento en su degradación (Bergqvist et al., 2001; Haselgrove et al., 2000; Solomakhin y Blanke, 2010). El contenido de fenoles aumenta con mayor radiación, y la composición dependerá del cepaje y de las condiciones de cultivo (Ojeda, 2007). Los sólidos solubles (Brix) en las bayas se correlacionan directamente con la radiación recibida, mientras que la acidez total disminuye al aumentar la radiación y la temperatura en los racimos (Bergqvist et al., 2001).

En base a los antecedentes expuestos el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de tres sistemas de instalación de malla antigranizo sobre las condiciones microclimáticas y algunas variables vegetativas, fisiológicas y de composición de bayas en viñedos. La industria vitivinícola está interesada en conocer cómo el uso de mallas plásticas

antigranizo influye en el comportamiento de los viñedos y en la producción, por lo que es fundamental generar información y evaluar el impacto de diferentes sistemas de instalación de mallas en viñedos.

2. Materiales y métodos

Sitio del experimento, diseño experimental y tratamientos

El ensayo se realizó en la temporada 2010/2011 en un viñedo ubicado en San Rafael (34° 34' 45,32" S y 68° 25' 26,70" O), Mendoza. El viñedo, implantado con la variedad Merlot (clon 347) injertado sobre 101-14, estaba conducido en espaldero alto, podado en cordón bilateral con 18 yemas por planta. El suelo era franco-arenoso y el marco de plantación de 3 m entre hileras (orientación N-S) y 1,5 m entre plantas. Se instalaron 4 tratamientos que corresponden a tres diferentes sistemas de instalación de tela antigranizo: sistema Grembiule (Gr) el cual utiliza tubos rotantes, separadores y alambres; sistema túnel (Tu) el cual reemplaza separadores por un arco metálico (Cabral et al, 1999); malla unida en el interfilas o sistema Grembiule modificado (Mu) y un testigo sin protección, (Te). Los tratamientos se instalaron en un diseño de parcelas al azar con 4 repeticiones. Cada repetición correspondió a 15 plantas distribuidas en 3 hileras contiguas (unidad experimental). Se usó malla antigranizo estándar, de polietileno de alta densidad (0.947 g cm⁻³) con protección ultravioleta, tejida tipo giro inglés (2 x 1, abertura de 3,6 x 7,5 mm).

Temperatura y humedad relativa del aire

La temperatura y humedad relativa del aire se monitorearon cada 30 minutos durante 39 días (desde el 16-01-2011 hasta el 23-02-2011) con termohigrómetros digitales transmisores (Klima Logger, TFA Dostmann GmbH & Co. KG, Wertheim - Reicholzheim, Alemania), los que se colocaron fijos en la zona de los racimos de una planta representativa en cada unidad experimental y estuvieron conectados inalámbricamente a una estación con data logger (Klima data 30.3015, TFA Dostmann GmbH & Co. KG, Wertheim - Reicholzheim, Alemania).

Radiación incidente

En una planta representativa de cada unidad experimental se midió el flujo de fotones

fotosintéticamente activos (Photosynthetic Photon Flux Density, PPF; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) incidente en la cara este y oeste de la canopia (a 0,25 m desde el centro, longitudinalmente respecto a la hilera) y en el interior de la misma en la zona del condón de pitones. Las lecturas se realizaron en dos oportunidades (26-01-2011, entre las 11:30 y 12:30 horas y 05-03-2011, entre las 9:30 y 10:30 horas), complementariamente se midió la radiación externa fuera de la malla como referencia (RE). Se utilizó un sensor lineal cuántico (LI-191, LI-COR, Lincoln, NE, EEUU) con un medidor de luz (LI-250A, LI-COR, Lincoln, NE, EEUU).

Velocidad del viento

Se midió la velocidad del viento en el interior de la canopia de una planta representativa en cada unidad experimental, a 20 cm por encima de la altura de los racimos, debajo de la primera capa de hojas y en la cara sudeste del espaldero. Se registró la velocidad máxima y velocidad media en un periodo de 2 minutos, en dos momentos del ciclo (posterior a envero y previo a cosecha) y dos veces en cada momento (entre las 9:00 y 10:00; y entre las 13:00 y 14:00 h). Se utilizó un anemómetro digital de mano (3000, KESTREL, Chester PA, EEUU).

VARIABLES FISIOLÓGICAS Y VEGETATIVAS

En dos oportunidades durante el ciclo vegetativo (envero y previo a cosecha) se realizó monitoreo de potencial hídrico foliar en cinco momentos del día: preamanecer, 9:00, 12:00, 15:00 y 18:00 horas en todas las unidades experimentales. Para cada medición, se extrajo una hoja expuesta, del quinto o sexto nudo del brote de una planta representativa de la unidad experimental. Las mediciones se realizaron mediante el método de la cámara de presión (Scholander et al., 1965) utilizando una cámara de presión (Modelo 2, Biocontrol, Buenos Aires, Argentina). Se midió fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática en los mismos momentos que potencial hídrico foliar (27-01-2011 y 09-03-2011; a las 9:00, 12:00, 15:00 y 18:00 horas), con analizador portátil de gases por infrarrojo (CIRAS 2, PPSYSTEMS, Hertfordshire, R.U.) y cubeta automática universal de 2,5 cm² (PLC6 (U) CRS121, PP SYSTEMS, Hertfordshire, R.U.).

VARIABLES PRODUCTIVAS

Semanalmente se muestrearon 50 bayas por unidad experimental (UE) desde envero a cosecha en las que

se determinó sólidos solubles totales (Brix; ATC-1E, ATAGO, Tokio, Japón), pH (827PHLAB, METROHM, Herisau, Suiza) y acidez total (por titulación ácido base con hidróxido de sodio 0,1N). En el momento de cosecha se extrajo una muestra de 100 bayas por UE, de las cuales 50 fueron separadas para la determinación de antocianinas totales e índice de polifenoles totales (IPT) mediante el protocolo de estimación rápida por extracción parcial caliente (Riou y Asselin, 1996). Se registró el número de racimos por planta, el peso de racimo, el peso de baya y la producción por planta. En invierno, se determinó el peso de la madera de poda y se calculó el índice de Ravaz como el cociente entre la producción y el peso de poda.

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron con el software Infostat (versión 2020; Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina) utilizando modelos lineales mixtos. En los datos de medidas repetidas, se agregaron réplicas al modelo como un efecto aleatorio para indicar correlación. Las medias se compararon mediante la prueba múltiple de Fisher ($p \leq 0,05$).

3. Resultados y Discusión

Temperatura y humedad relativa del aire

Los sistemas de instalación de malla antigranizo modificaron el microclima de la canopia, aunque no se comportaron de igual manera. Observamos que la malla instalada en sistema Grembiule (Gr) generó una disminución de la temperatura media del aire y un aumento de la humedad relativa. Mientras que en el sistema túnel (Tu) la temperatura del aire fue similar al testigo (Te), con la malla unida en el interfilar (Mu) se observó los mayores valores de temperatura (Figura 1). Este comportamiento no se esperaba, dado que la protección con malla disminuye la radiación y de este modo no se hubiera incrementado tanto la temperatura, aunque un comportamiento similar ha sido mencionado por Ebert y Casierra (2000), y puede deberse a una mayor interferencia en la circulación del aire generada por la malla instalada en este sistema (Iglesias y Alegre, 2006). El comportamiento de la temperatura observado en el sistema Gr, es un aspecto de interés, ya que la malla instalada en este sistema podría mitigar el efecto del incremento de la

temperatura por cambio climático y el posible daño en frutos expuestos (Blanke, 2008).

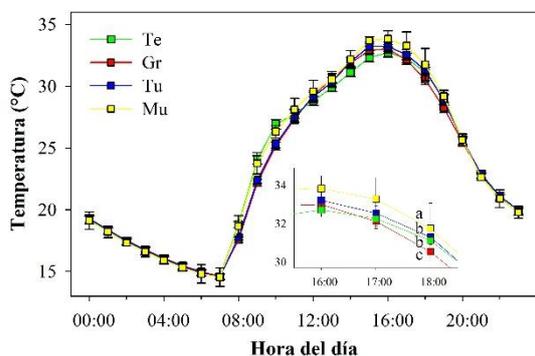


Figura 1. Evolución de la temperatura media del aire (°C) registrada en el interior de la canopia desde el 16-01-2011 hasta el 24-02-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Fisher $p \leq 0,05$). Las barras indican error estándar.

Al realizar el análisis para un día específico, se observó un comportamiento semejante entre Te y Mu, quienes presentaron mayores valores de temperatura del aire (Figura 2) y menor humedad relativa (Figura 3), aunque en un momento de nubosidad, la temperatura y humedad relativa del aire fueron similares entre tratamientos (Solomakhin y Blanke, 2010). Esto puede resultar de interés para zonas más frescas o de mayor nubosidad en las cuales los sistemas probados provocarían menores diferencias de microclima. La evolución de las temperaturas máximas diarias observadas entre tratamientos (Figura 4), presentaron mayores diferencias en enero que en febrero, debido a las mayores temperaturas registradas en ese mes (Lakatos et al., 2011, Solomakhin y Blanke, 2010). Encontramos que el sistema Mu incrementó la temperatura máxima media diaria en 0,9°C y que el Gr redujo la misma 0,3°C mientras que el Tu se comportó similar a Te. En el sistema de instalación Mu la malla estuvo dispuesta de modo similar al sistema doble vertiente y al ser mayor la superficie cubierta hubo una considerable interferencia en el intercambio de masa de aire con la atmósfera circundante.

Radiación incidente

La malla antigranizo disminuyó el flujo de fotones fotosintéticamente activo (PPFD) incidente en la canopia (Tabla 1). La reducción respecto a la radiación de referencia (directa) provocada por los

sistemas de instalación de malla antigranizo, coincide con lo publicado por varios autores (Iglesias y Alegre, 2006, Mupambi et al., 2018).

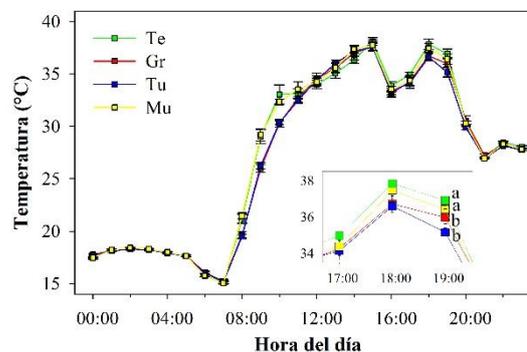


Figura 2. Curso diario de la temperatura del aire (°C) registrada el día 27-01-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Fisher $p \leq 0,05$). Las barras indican error estándar.

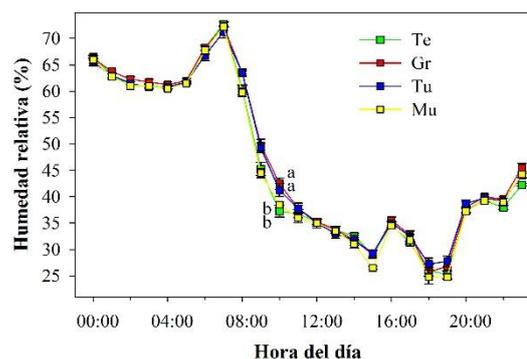


Figura 3. Curso diario de la humedad relativa del aire (%) registrada el día 27-01-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Fisher $p \leq 0,05$). Las barras indican error estándar.

Teniendo en cuenta el Índice de saturación lumínica (I_s), para las mediciones de PPFD incidente realizadas el 26-01-2011 (entre las 11:30 y 12:30 h), los valores medidos por debajo de la malla, longitudinalmente a la hilera en ambas caras de la canopia (este y oeste), se encontraban dentro del rango necesario para alcanzar una fotosíntesis máxima en la primera capa de hojas; en cambio para la segunda fecha de monitoreo (05-03-2011), dado el horario (entre las 09:30 y 10:30 h), únicamente se registraron niveles de PPFD incidente superiores al I_s en la cara este de la canopia (Keller, 2015). Esto se debe en parte a que la radiación incidente es función de la posición de la tela antigranizo y el momento de determinación a lo

largo del día (Del Monte et al., 2006); razón por la que el PPFD incidentes no se comportó de igual modo bajo los distintos sistemas de instalación, en

las fechas (momento del año) y horarios monitoreados.

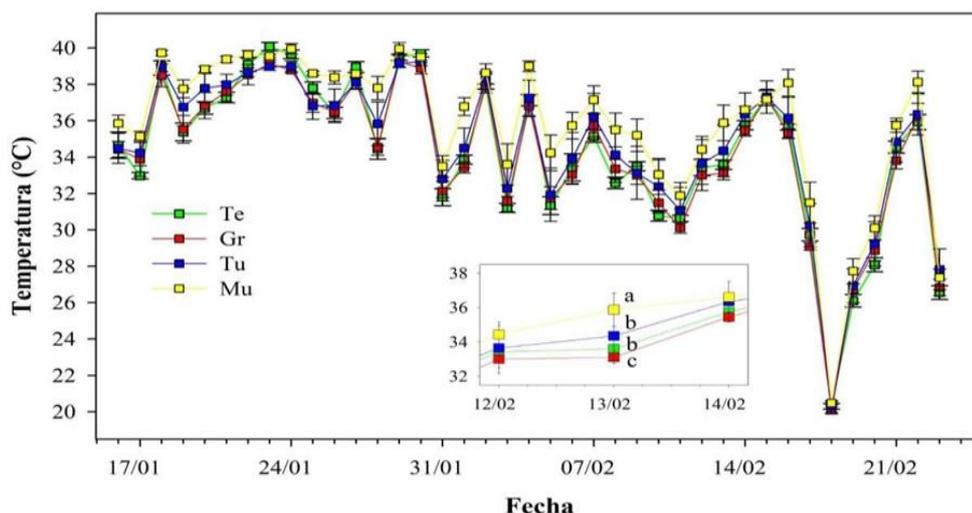


Figura 4. Curso diario de la temperatura máxima del aire (°C) registrada, en el interior de la canopia desde el 16-01-2011 hasta el 23-02-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Fisher $p \leq 0,05$). Las barras indican error estándar.

Tabla 1. PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de referencia (RE) e incidentes en el centro de la canopia (C) y en las caras este (E) y oeste (O). Valores medios y porcentuales registrados los días 26-01-2011 y 05-03-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Fisher $p \leq 0,05$).

Fecha	Tratamiento	RE	PPFD	PPFD% (E)	PPFD	PPFD% (O)	PPFD	PPFD% (C)
26/01/11 (11:30-12:30)	Te	2141	2111	98,6% $\pm 0,6$ a	1681	78,5% $\pm 2,5$ a	147	6,9% $\pm 0,6$ a
	Gr	1817	1410	77,5% $\pm 0,6$ c	97	53,1% $\pm 2,5$ c	86	4,6% $\pm 0,6$ b
	Tu	1844	1438	78,1% $\pm 0,6$ c	1034	56,6% $\pm 2,5$ c	85	4,5% $\pm 0,6$ b
	Mu	1968	1602	81,5% $\pm 0,6$ b	1276	65,0% $\pm 2,5$ b	127	6,5% $\pm 0,6$ a
Valor <i>p</i>				<0,0001		<0,0001		0,0296
05/03/11 (9:30-10:30)	Te	1154	1130	97,8% $\pm 0,9$ a	64,4	5,6% $\pm 0,1$ a	42	3,7% $\pm 0,1$ a
	Gr	1268	986	77,8% $\pm 0,9$ bc	60,4	4,8% $\pm 0,1$ b	36	2,9% $\pm 0,1$ b
	Tu	1261	957	75,8% $\pm 0,9$ c	60,3	4,8% $\pm 0,1$ b	37	2,9% $\pm 0,1$ b
	Mu	1234	989	80,1% $\pm 0,9$ b	61,7	5,0% $\pm 0,1$ b	39	3,2% $\pm 0,1$ b
Valor <i>p</i>				<0,0001		0,0003		0,0088

Velocidad del viento

Todos los sistemas de instalación evaluados redujeron la velocidad del viento incidente en la canopia. La mayor reducción de la velocidad del viento respecto al Te la produjeron los sistemas de instalación Tu y Gr, y la menor el Mu (Tabla 2). La reducción máxima de la velocidad del viento encontrado en el presente ensayo (44 al 55%) coincide con lo mencionado por varios autores (Middleton y McWaters, 2002; Bosco et al., 2018).

En zonas donde la incidencia de viento es alta, podría considerarse la utilización de malla plástica antigranizo para reducir los efectos negativos sobre las plantas, como disminución de la fotosíntesis por cierre estomático (Campbell-Clause, 1998) y el daño en frutos (Garnaud, 1998); y en regiones donde la incidencia de viento es mayor, podría reducirse el efecto negativo sobre el crecimiento de brotes, el área foliar y el rendimiento en variedades sensibles (Carey et al., 2007).

Tabla 2. Velocidad del viento máxima y medias (m s⁻¹), registradas los días 03-02-2011 y 17-02-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Fisher $p \leq 0,05$).

Tratamiento	Día 03-02-2011						Día 17-02-2011					
	Vel _{max}			Vel _{med}			Vel _{max}			Vel _{med}		
Te	1,43	±0,05	a	0,58	±0,03	a	1,41	±0,06	a	0,66	±0,04	a
Gr	0,65	±0,05	c	0,3	±0,03	c	0,94	±0,06	c	0,41	±0,04	b
Tu	0,69	±0,05	c	0,25	±0,03	c	0,8	±0,06	c	0,35	±0,04	b
Mu	1,03	±0,05	b	0,44	±0,03	b	1,19	±0,06	b	0,58	±0,04	a
Valor p	<0,0001			<0,0001			0,0001			0,0002		

Potencial hídrico foliar

El estado hídrico de la planta fue afectado en diferente forma por los sistemas de instalación. Encontramos que la evolución diaria de potencial hídrico foliar de plantas bajo malla instalada en sistema Mu se comportó muy parecido al testigo en las dos fechas monitoreadas; en cambio las plantas bajo los sistemas de instalación Gr y Tu presentaron un potencial hídrico foliar mayor al Te (Figura 5A, B). Esto se puede relacionar con los resultados mencionados por Crété et al. (2001), quienes han reportado una disminución del suministro de agua de riego (sin causar estrés hídrico) asociado al uso de la malla antigranizo. En los sistemas de instalación Gr y Tu, la canopia de las plantas estuvieron restringidas por la disposición de la malla, con menor movimiento de aire y mayor humedad relativa, lo

que pudo favorecer la formación de una capa límite de mayor espesor y menor pérdida de agua por evapotranspiración (Azcón-Bieto y Talón, 2013). Este aspecto es de considerable interés en zonas de riego con escasez de agua ya que podría ser considerado como herramienta complementaria en las estrategias de riego que apunten a reducir el consumo de agua (Avenant y Avenant, 2022, Smita, 2007; Villalobos-Soublett et al., 2021). Además, en las dos oportunidades en que se realizó monitoreo del potencial hídrico foliar, el comportamiento diario fue diferente bajo los sistemas de protección Gr y Tu respecto al Mu y Te, a pesar de no observarse diferencias entre tratamientos en el monitoreo de preamanecer.

Fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración

Para las fechas en que se realizó monitoreo de conductancia estomática y transpiración no se observaron diferencias significativas, a pesar de observarse una variación mayor a 1m/s en la velocidad del viento en tratamientos con protección respecto al Te (Hagen y Skidmore, 1974). Encontramos que la fotosíntesis fue afectada por efecto de la malla antigranizo, aunque la evolución diaria fue diferente entre las fechas analizadas. En la primera fecha observamos que durante la mañana los tratamientos Gr y Tu presentaron niveles más altos respecto al Te, pero al mediodía y durante la tarde el comportamiento entre tratamientos fue similar (Figura 6A). En la segunda fecha analizada, la tasa fotosintética bajo los tratamientos con

protección fue mayor (Figura 6B). Esto puede explicarse por las condiciones de monitoreo (horario y época del año) que resultaron más cercanas al óptimo fotosintético (Cuevas et al., 2006) o bien podría estar relacionado a la mayor concentración de clorofila observada bajo malla (Avenant, 1994) aunque, en manzanos un incremento en el contenido de clorofila bajo mallas no se tradujo en una mayor tasa fotosintética (Solomakhin y Blanke, 2008). La mejora en la tasa fotosintética observada en horas de la mañana en la primera fecha (bajo Gr y Tu) y por los todos los tratamientos de protección durante la segunda fecha en comparación con el testigo, resulta de gran interés. Esto puede deberse a una reducción de la fotoinhibición por un efecto de sombreado generado por los tratamientos con malla antigranizo (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

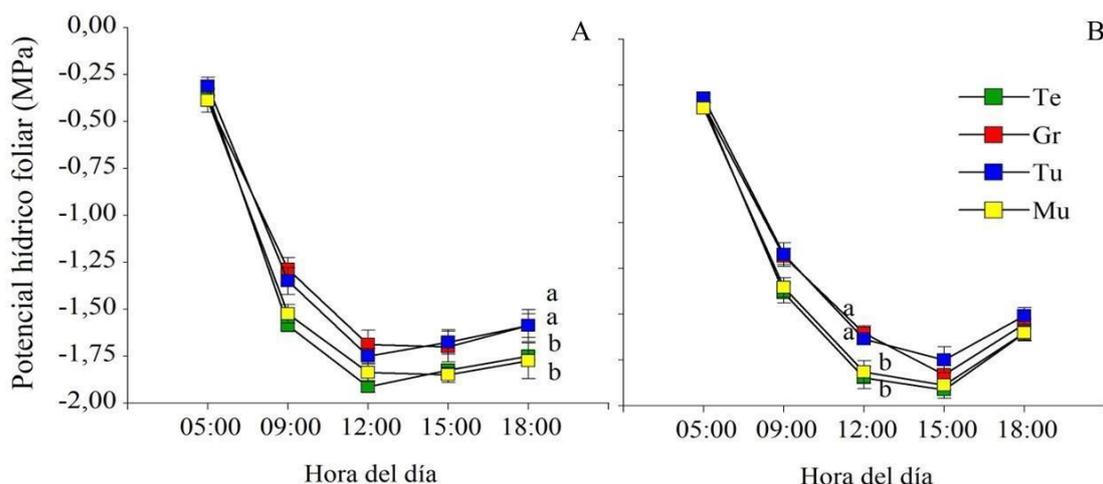


Figura 5. Evolución diaria del potencial hídrico foliar (MPa) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot, correspondiente a los días 27-01-2011 (A) y 09-03-2011 (B). Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, ns = no significativo (Fisher $p \leq 0,05$). Las barras indican error estándar.

Crecimiento vegetativo

El método de instalación afectó el crecimiento vegetativo medido a través del peso del material extraído en la poda (Tabla 3). Si bien los tratamientos de protección Gr y Mu fueron similares al testigo, encontramos que bajo el sistema Tu el peso del material extraído durante la poda invernal fue menor. Esto puede estar relacionado al efecto barrera causado por la malla instalada en túnel, lo que dio lugar al curvado de los brotes, disminución

de la conductividad hidráulica y finalmente, reducción del crecimiento radial y longitudinal de los mismos (Schubert et al., 1995).

Componentes del rendimiento

Los rendimientos fueron similares entre los tratamientos. Blanke (2008) mencionan disminución del rendimiento en manzanos aunque, do Amarante et al. (2018), han encontrado un incremento de la producción de manzanas bajo la cobertura con

mallas y Avenant (1994), observó incremento del rendimiento en uva de mesa por efecto de la malla antigranizo pero en nuestro experimento, los tratamientos con protección antigranizo no afectaron el rendimiento total (Kg uva planta⁻¹), el

número de racimos por planta ni el peso de racimo respecto al testigo (Tabla 3), lo que coincide con lo mencionado en estudios previos (Guida et al., 1997; Villalobos-Soublet et al., 2021); aunque, el peso de baya bajo el sistema Tu fue menor (Tabla 4).

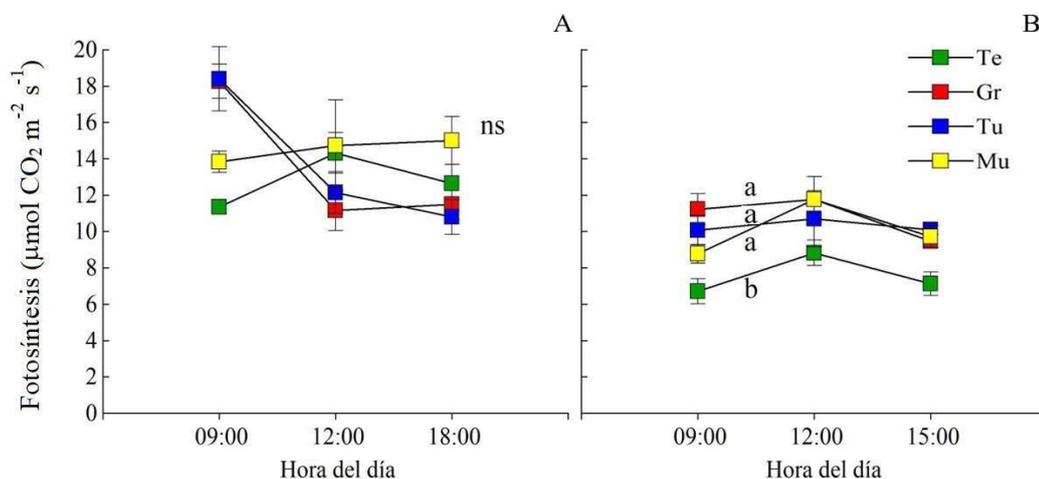


Figura 6. Comportamiento de la fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) registrada en los distintos tratamientos cv. Merlot durante los días 27-01-2011 (A) y 09-03-2011 (B). Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, ns = no significativo (Fisher $p \leq 0,05$). Las barras indican error estándar.

De todos modos, estas observaciones se basaron en una temporada de ensayo, lo que posiblemente no sea suficiente para determinar la influencia de los sistemas de instalación con malla antigranizo sobre el cultivo; la formación y diferenciación de yemas es un proceso influenciado por la luz y requiere más de una temporada para completarse (Sánchez y Dokoozlian, 2005). Encontramos que, si bien no hubo

cambios en el rendimiento total, el Índice de Ravaz fue reducido por el sistema Mu mientras que los sistemas Gr y Tu se comportaron similar al Te. Si bien el equilibrio vegetativo fue modificado por efecto de la protección con malla antigranizo como se visualiza en la última columna de Tabla 3, los valores registrados corresponden a plantas equilibradas (Keller, 2015).

Tabla 3. Número de racimos, peso de racimo, rendimiento por planta, peso del material extraído por poda invernal e Índice de Ravaz. Letras iguales no son significativamente diferentes (Fisher $p \leq 0,05$).

Tratamiento	Racimos por planta (N°)	Peso de racimo (g)	Uva (Kg planta ⁻¹)	Peso poda (Kg planta ⁻¹)	Índice de Ravaz
Te	44,2 ±1,4	152,6 ±4,5	6,64 ±0,20	0,60 ±0,03 a	11,6 ±0,5 ab
Gr	42,7 ±1,4	147,6 ±4,5	6,25 ±0,20	0,61 ±0,03 a	10,6 ±0,5 bc
Tu	44,6 ±1,4	142,1 ±4,5	6,23 ±0,20	0,51 ±0,03 b	12,5 ±0,5 a
Mu	40,6 ±1,4	152,1 ±4,5	6,11 ±0,20	0,65 ±0,03 a	10,0 ±0,5 c
Valor p	0,1479	0,3147	0,2753	0,0012	0,0008

Evolución de la madurez y composición de baya a cosecha

En nuestro experimento no hubo reducción de sólidos solubles totales (°Brix) a cosecha bajo los tratamientos con malla, similar a lo mencionado por otros autores en uva de vinificar (Guida et al, 1997) como en manzanos (Iglesias y Alegre, 2006); sin embargo, estudios realizados en Cabernet Sauvignon bajo mallas de sombreado evidenciaron una reducción en los °Brix (Martínez-Lüscher et al., 2020). Además, observamos que la evolución Brix fue similar entre tratamientos (Figura 7A).

A pesar de las diferencias en las condiciones térmicas provocadas por el sistema Tu, tampoco hubo diferencias en el pH ni en su evolución (Figura 7B), sin embargo, la acidez de las bayas evolucionó más lentamente bajo el tratamiento Gr respecto a Tu y Te (Figura 7C), aunque a cosecha observamos similitud entre todos los tratamientos.

El IPT fue similar para todos los tratamientos. Los mayores contenidos de antocianinas totales observado en el tratamiento Gr respecto a los tratamientos Mu y Te (Tabla 4), podría deberse a una mayor biosíntesis, una menor degradación oxidativa, o una combinación de ambos (Bergqvist et al., 2001; Haselgrove et al., 2000, Spayd et al., 2002), debido a los menores valores de temperatura registrado bajo el sistema Gr

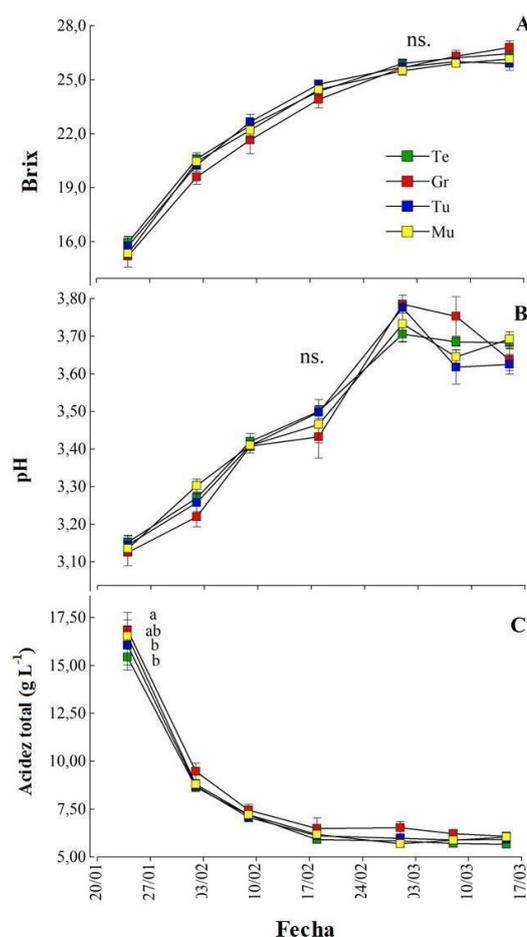


Figura 7. Evolución de sólidos solubles totales expresados en °Brix (A), pH (B) y Acidez total expresada en g L⁻¹ de Ac. tartárico (C) registrados, en los distintos tratamientos cv. Merlot, desde 24-01-2011 hasta 15-03-2011. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, ns = no significativo (Fisher $p \leq 0,05$). Las barras indican error estándar.

Tabla 4. Peso de baya, Antocianinas totales e Índice de Polifenoles Totales en bayas a cosecha. Letras iguales no son significativamente diferentes (Fisher $p \leq 0,05$).

Tratamiento	Peso de baya (g)			Antocianinas totales en bayas (mg Kg ⁻¹)			IPT	
Te	1,07	±0,02	b	1468,4	±34	c	88,4	±1,5
Gr	1,06	±0,02	b	1636,7	±34	a	92,2	±1,5
Tu	1,00	±0,02	c	1579,7	±34	ab	87,3	±1,5
Mu	1,13	±0,02	a	1487,4	±34	bc	90,9	±1,5
Valor p	0,0079			0,0142			0,1179	

4. Conclusiones

Bajo las condiciones del ensayo, se observó que las alteraciones del microclima de la canopia en viñedos conducidos en espaldero dependieron del sistema de instalación de malla antigranizo empleado, lo que a su vez influyó en algunas variables del comportamiento de las plantas y en algunas características de la producción. El Gr resultó ser el sistema de instalación más restrictivo para la expresión vegetativa, además, ofreció un microclima más fresco y húmedo. La variante Tu ofreció un comportamiento muy parecido al Gr en aspectos microclimáticos, aunque favoreció en menor medida la concentración de antocianinas totales, redujo el peso de la baya. En contraste, el sistema Mu presentó condiciones microclimáticas y expresión vegetativa comparables al testigo. Dado el mejor estado hídrico de las plantas bajo los sistemas Gr y Tu, resulta crucial profundizar en las relaciones hídricas de los principales cultivares de vid protegidos con malla plástica antigranizo. También sería pertinente estudiar el efecto de diferentes tipos de tejido (en términos de densidad y color). Además, sería valioso complementar este estudio con microvinificaciones para evaluar el impacto de la malla antigranizo en la calidad enológica de las variedades más relevantes de la región, considerando que nuestros resultados indican una mayor acumulación de antocianinas totales bajo el sistema Gr.

5. Agradecimientos

Ensayo financiado por Proyectos "P.T.R. Apoyo al desarrollo vitivinícola regional", "PRET MZASJ-1251306 Desarrollo del oasis sur de Mendoza" del Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA) y Bodega Casa Bianchi (Valentín Bianchi S.A.C.I.F.).

6. Referencias

- Avenant, J.H. (1994). The effect of hail netting on the performance of table grapes in the summer rainfall regions of South Africa. International Symposium on Table Grape Production. Anaheim, California. 227-229.
- Avenant, J.H.; Avenant, E. (2022). The effect of overhead netting on water utilization and soil water content of a table grape vineyard. *Acta Hort.* 1335, 627-634.
- <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1335.79>.
- Azcon-Bieto, J. y Talón, M. (2013). Fundamentos de fisiología vegetal. 2da Edición. McGraw-Hill. Interamericana. España.
- Bergqvist, J.; Dokoozlian, N. y Ebisuda, N. (2001). Sunlight exposure and temperatures effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the San Joaquin Valley of California. *Am. J. Enol. Vitic.* 52(1): 1-7.
- Blanke, M.M. (2008). Perspectives of fruit research and apple orchard management in Germany in a changing climate. *Acta Hort. (ISHS)* 772:441-446.
- Bosco, L.C.; Bergamaschi, H.; Cardoso, L.S.; de Paula, V.A.; Marodin, G.A.B.; Brauner, P.C. (2018). Microclimate alterations caused by agricultural hail net coverage and effects on apple tree yield in subtropical climate of Southern Brazil. *Bragantia*, 77(1), 181-192. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2016459>.
- Cabral, D.; Worlock, A.; Gudiño, J.; Fuentes C. (1999). Protección de Frutales y Viñedos contra el granizo. Guía práctica para la construcción de estructuras. Publicación INTA.
- Campbell-Clause, J.M. (1998). Stomatal response of grapevines to wind. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 38: 77-82.
- Carey, V.A.; Pienaar, W. y Archer, E. (2007). Efecto del viento en el funcionamiento de la vid en Stellenbosch, Sudáfrica. *Rev. Enología* 3 – Año 4. Julio – Agosto.
- Crété, X.; Regnard J.L.; Ferre G. y Tronel, C. (2001). Effects secondaires et conséquences sur la conduite du verger. *L'arboriculture fruitière*. 553: 51-55.
- Cuevas, E.; Baeza, P. y Lissarrague, J. R. (2006). Variation in stomatal behaviour and gas exchange between mid-morning and mid-afternoon of north-south oriented grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo) at different levels of soil water availability. *Scientia Horticulturae*, 108(2), 173-180.
- 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].
- Del monte, R.; Uliarte, E.; Ambrogetti, A.; Galat, E. y Prieto, J. (2006). Sistemas de conducción de múltiple prestación cultural (SAMPC). Influencia de la arquitectura y de la tela antigranizo sobre el microclima lumínico. *Rev. Enología 6 – Año III. Noviembre – Diciembre*.
- Di Césare; L.U. (1997). Conducción y manejo de durazneros, ciruelos y perales bajo malla antigranizo. Simposio de Protección Antigranizo, San Rafael, Argentina.
- do Amarante, C.V.T.; Stanger, M.C.; Coldebella, M.C.; Vilvert, J.C.; dos Santos, A.; Steffens, C.A. (2018). Fruit quality and yield of 'Imperial Gala' apple trees protected by anti-hail nets of different colorations in southern Brazil. *Acta Hort. 1205, 897-904*. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1205.115>.
- Ebert, G. y Casierra, F. (2000). Verringert die Einnetzung grundsätzlich die Assimilationsleistung von Apfelbäumen?. *Erwerbsobstbau 42:12-14*.
- Garnaud, J.C. (1998). Las mallas antigranizo en frutales. *Rev. Horticultura Internacional 19: 19-23*.
- Guida, G.; Ojeda, H.; Catania, C.; Chaab, J.; Vila, H.; Nazralla, J.; Castro, O. y García L., (1997). Ensayo sobre comportamiento de la vid bajo red antigranizo. Simposio de Protección Antigranizo, San Rafael, Argentina.
- Hagen, L.J. y Skidmore, E.L. (1974). Reducing turbulent transfer to increase water-use efficiency. *Agricultural Meteorology 14: 153-168*
- Haselgrove, L.; Botting, D.; Van Heeswijck, R.; Hoj, P.B.; Dry, C. Ford, C. e Iland, P.G. (2000). Canopy microclimate and berry composition: the effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research 6: 141-149*.
- Iglesias, I. y Alegre, S. (2006). The effect of anti-hail nets on fruit protection, radiation, temperature, quality and profitability of „Mondial Gala“ apples. *Journal of Applied Horticulture, 8 (2): 91-100*.
- INV. (2024). Informe anual de superficie 2023. Instituto Nacional de Vitivinicultura, Mendoza. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/10/informe_anual_de_superficie_2023.pdf [Último acceso 16/05/2024].
- Jafari Burki, 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. *Journal of Horticultural Science, 36(3), 671-682*. <https://doi.org/10.22067/jhs.2021.73470.1105>.
- Keller, M. (2015). *The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology*. Ed. 2, 522p. WA. USA. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-06797-7>
- Lakatos, L.; Gonda, I.; Soltész, M.; Szabó, Z.; Szél, J. y Nyéki J. (2011). Effect of excessive weather on the micro-climate of apple plantations under the hail protection nets. *International Journal of Horticultural Science 17:81-85*.
- Martínez-Lüscher, J.; Chen, C. C. L.; Brillante, L. y Kurtural, S. K. (2020). Mitigating heat wave and exposure damage to “Cabernet Sauvignon” wine grape with partial shading under two irrigation amounts. *Frontiers in Plant Science, 11, 579192*.
- Middleton, S y McWaters, A. (2002). Hail Netting of Apple Orchards – Australian Experience. *The compact fruit tree. Volumen 35 (2): 51-55*.
- Mupambi, G.; Anthony, B. M.; Layne, D. R.; Musacchi, S.; Serra, S.; Schmidt, T.; Kalcsits, L. A. (2018). The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple:

- A review. *Sci. Hortic.*, 236, 60-72.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.014>.
- Ojeda, H. (2007). Compuestos fenólicos de la uva. *Rev. Enología* 4 – Año IV. Setiembre – Octubre
- Ojer, M.; Podestá, L.; Arjona C. y Gil F. (2002). Durazneros bajo tela antigranizo. Efecto sobre rendimiento y coloración de piel. *Rev. FCA UNCuyo*. Tomo XXXIV. (1):17-23.
- Ortiz Maldonado. (1991). *Adversidades Agrometeorológicas de Mendoza*. Ed. Centro de Bodegueros.
- Osaer, A. (1997). Incidence agronomique des filets paragrele. *Expériences francaises*. Simposio de Protección Antigranizo, San Rafael, Argentina.
- Rana, G.; Katerji, N.; Introna, M. y Hammami, A. (2004). Microclimate and plant water relationship of the "overhead" table grape vineyard managed with three different covering techniques. *Scientia Horticulturae* 102: 105-120.
- Riou V., y Asselin C., 1996. Potentiel polyphénolique disponible du raisin. Estimation rapide par extraction partielle à chaud. *Progrès Agricole et Viticole* 113(18): 382-384.
- Salazar, M., Callejas, R., y Morales, L. (2018). Evaluation of the use of a net coverage system in table grape vines, Thompson Seedless variety. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 338-347. <http://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7437>
- Salisbury, F.B. y Ross, C.W. (1994). *Fisiología Vegetal*. Grupo Edit. Iberoamérica S.A. México D.F. 759 p.
- Sánchez L.A. y Dokoozlian, N.K. (2005). Bud microclimate and fruitfulness in *Vitis vinifera* L. *Am. J. Enol. Vitic.* 56(4): 319-329.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T.; Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148:339-346.
- Schubert, A.; Restagno V., Novello V. y Peterlunger, E. (1995). Effects of shoot orientation on growth, net photosynthesis and hydraulic conductivity of *Vitis vinifera* cv. Cortese. *Am. J. Enol. Vitic.* 46 (3): 324-328.
- Smita, A. (2007). Apple tree and fruit responses to shade netting. Thesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree Master of Science in Agriculture at the University of Stellenbosch.
- Solomakhin, A. y Blanke M. (2008). Coloured hailnets alter Light transmission, spectra and phytochrome, as well as vegetative growth, leaf chlorophyll and photosynthesis and reduce flower induction of apple. *Plant Growth Regulation* 56: 211-218.
- Solomakhin, A. y Blanke, M. (2010). Can coloured hailnets improve taste (sugar, sugar:acid ratio), consumer appeal (colouration) and nutritional value (anthocyanin, vitamin C) of apple fruit?. *LWT - Food Science and Technology* 43:1277-1284.
- Spayd, S.E.; Tarara, J.M.; MEE, D.L. y 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, 171-182.
- Villalobos-Soublett, E.; Gutiérrez-Gamboa, G.; Balbontín, C.; Zurita-Silva, A.; Ibacache, A.; Verdugo-Vásquez, N. (2021). Effect of shading nets on yield, leaf biomass and petiole nutrients of a Muscat of Alexandria vineyard growing under hyper-arid conditions. *Horticulturae*, 7(11), 445. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7110445>.